

RESUM

El present projecte té com a objectiu analitzar l'edifici de l'antiga Seu Portuària de Tarragona, que és un edifici construït entre els anys 1978 i 1980 i presenta singularitats estructurals i estètiques ja que pertany a l'estil arquitectònic conegut com Brutalista.

En primer lloc es fa una breu introducció històrica per entendre el moment en que es va construir l'edifici, una de les èpoques més significatives de l'era moderna del nostre país, la Transició. La societat estava canviant a passes agegantades i tots els trets d'aquesta necessitat d'expressió formen part del context de l'edifici. Al tractar-se d'un edifici pertanyent al Port de Tarragona, es fa una explicació general de la tipologia de ports existents per evidenciar la rellevància de l'Autoritat Portuària en temes de gestió i econòmics del port.

A continuació es fa una extensa explicació sobre el corrent arquitectònic indicant el seu origen, les característiques principals i algunes de les seves obres més diverses i significatives.

Després es realitza una descripció dels mètodes de càlcul que s'empraven en l'època i la normativa vigent en el moment de la realització del projecte.

Es fa una breu descripció de l'arquitecte i s'analitza, a trets generals, la influència rebuda per l'autor personificada en un dels arquitectes més influents de la segona meitat del segle XX.

Com a part principal, es realitza l'anàlisi de l'edifici, des de la seva construcció fins a dia d'avui, a nivell arquitectònic i sobretot a nivell social, fruit del caràcter mediàtic que li atorga la seva singularitat estructural.

Es realitza una comprovació de l'armat dels pilars de totes les plantes seguint les hipòtesis emprades al projecte. També es realitza el càlcul d'un mur que suporta el soterrani.

Finalment, després de realitzar l'anàlisi de l'edifici, s'acaba fent un estudi de l'impacte ambiental i el pressupost del projecte.

Sumari

RESUM	1
SUMARI	2
1. PREFACI	5
1.1. Origen del projecte.....	5
1.2. Motivació	5
INTRODUCCIÓ	6
2. CONTEXT	7
2.1. Història: Tarragona en la dècada dels 70	7
2.2. Economia: Els ports de l'Estat.....	10
3. CORRENT ARQUITECTÒNIC: BRUTALISME	13
3.1. Història	13
3.2. Característiques	15
3.3. Edificis més rellevants	17
4. MÈTODES DE CàLCUL DE L'ÈPOCA	23
4.1. Mètode de Cross.....	23
4.2. Mètode indirecte de Cross.....	26
4.2.1 Mètodes indirectes per estructures translacionals	30
4.3. Els mètodes que apareixen després del mètode de Cross	31
4.3.1 Mètodes matricials	31
5. NORMATIVA DE L'ÈPOCA	33
6. L'EDIFICI: APT	36
6.1. L'arquitecte: Josep M ^a Garreta i Cusidó.....	36
6.1.1 La influència de l'arquitecte: James Stirling	38
6.2 Història	40
6.2.1 Passat: Construcció i descripció de l'edifici.....	40
6.2.2 Present	46
6.2.3 Futur	47
6.3 Càlculs: alguna part del projecte tècnic.....	49
6.3.1 Estudi geotècnic.....	49
6.3.2 Càlcul d'un mur del soterrani	57
6.3.3 Comprovació dels càlculs de l'armadura dels pilars	62

7. IMPACTE AMBIENTAL	79
7.1. Efectes sobre el paisatge i el medi geològic	79
7.2. Impacte acústic	80
7.3. Afectació sobre cursos d'aigua i ecosistemes associats	80
7.4. Afectació a la vegetació	80
7.5. Afectació a la fauna i a la permeabilitat biològica.....	80
7.6. Afectació sobre la permeabilitat de traça de les persones.....	80
8. PRESSUPOST	81
8.1. Pressupost del projecte d'enginyeria	81
8.2. Pressupost original de l'antiga APT	82
CONCLUSIONS	87
AGRAÏMENTS	89
BIBLIOGRAFIA	91
Referències bibliogràfiques.....	91
Bibliografia complementària.....	93

1. Prefaci

1.1. Origen del projecte

El present projecte està estretament relacionat amb la temàtica d'Estructures i Construccions Industrials. Aquesta és la intensificació que he cursat durant el desenvolupament dels meus estudis a l'escola. El fet de cursar assignatures relacionades amb mètodes de càlcul, construccions, formigó armat, teoria d'estructures, etc. feien presagiar que la temàtica del projecte estaria relacionat amb la matèria. El fet de ser resident de Reus i haver d'anar totes les setmanes a Barcelona en tren provocava que cada viatge dedicés uns segons a admirar l'edifici del Port el qual es veu des de el tren. Tots aquest factors van esdevenir en l'elecció de l'edifici com a tema del projecte.

1.2. Motivació

L'enginyeria i l'arquitectura m'han agradat des de que tinc ús de raó. Sempre he tingut clara l'elecció dels meus estudis i per tant, la meva professió. Sempre m'he definit com un calculista i un estadístic, les assignatures de la carrera i en concret de la intensificació es basen principalment en aquest dos aspectes, per tant em vaig sentir identificat amb la intensificació des de el primer moment.

Després de portar dos anys en el món laboral puc dir que la feina que desenvolupo en el departament de qualitat d'una empresa d'injecció de plàstics guarda relació en alguns aspectes amb la intensificació però no formen part del meu dia a dia.

És per aquest motiu que tenia moltes ganes de realitzar el projecte sobre temes relacionats amb la intensificació i alhora centrar-los en una de les meves passions de la infància com és l'arquitectura. Potser no és un projecte clàssic d'una enginyeria però engloba la vessant social i arquitectònica que signifiquen el punt de culminació i completen a grans trets la meva etapa d'estudiant.

Introducció

Aquest projecte es centra principalment l'arquitectura en la que es va construir l'edifici. Per tal d'entendre el corrent arquitectònic cal entendre el moment viscut fruit per la nova societat emergent després de la postguerra a Europa i del franquisme a Espanya. S'entén l'arquitectura com una forma d'expressió social arrelada al context socio-polític del moment.

L'expressivitat, la funcionalitat i la preocupació pel dinamisme arquitectònic son part fonamentals que es posen de manifest en l'estudi.

La realització de l'estudi ha originat a consultar l'arxiu del Port de Tarragona i a reunir-se amb un dels arquitectes implicats en la revisió de l'edifici realitzada per l'empresa Windmill.

Fer una recerca exhaustiva sobre el brutalisme tant en la idea teòrica com en els conceptes arquitectònics també ha estat part important del treball. Això i la necessitar de conèixer la normativa constructiva han provocat una gran dedicació en recerca duta a terme en diverses biblioteques.

2. Context

2.1. Història: Tarragona en la dècada dels 70

Entre 1970 i 1980 es van produir a Catalunya i a Espanya un conjunt de canvis importants, aquesta època es coneix com la Transició. Durant aquest període, es va passar d'un sistema polític de dictadura, el franquisme, a una democràcia. Aquests canvis es van evidenciar en tots els aspectes de la vida: polítics, socials, econòmics i culturals.

Per entendre aquest canvi ens hem de remuntar al període anomenat franquisme que rep el nom de qui durant 40 anys va decidir el destí d'Espanya en tots els ordres de la seva vida. El 18 de juliol del 1936 s'inicia un aixecament militar comandat pel general Francisco Franco Bahamonde que desemboca en una guerra civil que acaba el 1939 i aboleix el govern democràtic de la Segona República pel que fa a Espanya i de la Generalitat a Catalunya. Fins a la mort d'aquest general el 20 de novembre del 1975, es viu l'etapa que s'anomena franquisme.

Hi ha dues etapes clarament diferenciades: la primera etapa, després del 1939, és una etapa de repressió feixista: condempnes de presó, camps de treball forçat, camps de concentració, etc. S'inicia una extensa repressió política i cultural: van quedar prohibides totes les activitats polítiques i socials que no es desenvolupessin a la *Falange Española Tradicionalista y De Las J.O.N.S.*, van prohibir de forma absoluta l'ús públic de la llengua catalana, van suprimir els monuments que al·ludissin a persones o institucions catalanistes i/o republicanes i van castellanitzar els noms de les ciutats i viles, entre altres reformes.

La segona etapa, 1960-1972, es coneix com l'Espanya del Desenvolupament, en la que la pujada de la renda era el principal objectiu i va venir acompanyada d'un creixement de la població molt important. En aquesta mateixa època s'inicien les migracions nacionals. Aquesta important transformació social a partir de la dècada dels 50 va provocar un lent i progressiu canvi polític i l'aparició de noves formes d'acció de l'oposició antifrancquista.

El creixement industrial de Catalunya implica la formació de grans àrees de fàbriques com la zona franca de Barcelona, el cinturó de Tarragona o el Baix Llobregat que originen grans concentracions obreres i apareixen moviments reivindicatius per la lluita democràtica i obrera. La societat comença a fer manifestacions culturals i artístiques de contingut nacionalista i democràtic. El règim segueix practicant encara la repressió, durant aquests anys se succeeixen els estats d'excepció, els consells de guerra i es porten a cap diverses execucions.

Amb la mort del general Franco el 1975 s'instaura la monarquia borbònica a través del rei Juan Carlos I. S'obra un procés de transició i consolidació d'un règim democràtic a través d'eleccions generals lliures (juny del 1977, març del 1979), del referèndum positiu a la nova Constitució (desembre 1978) i de les eleccions municipals (abril 1979). Es recuperen les llibertats democràtiques i el poble de Catalunya recobra les seves institucions d'autogovern.

Pel que fa a la província de Tarragona, a finals dels anys quaranta comencen a implantar-se indústries. Es creen els polígons industrials d'Entrevies i de Francolí. S'instal·len diverses indústries químiques fins que el 1974 es construeix la refinèria d'Enpetrol atraient altres importants indústries químiques. L'any 1975 el sector químic de Tarragona compta amb més de 2000 treballadors. La imatge d'una ciutat industrial amb una important especialització petroquímica començar a ser una realitat.

La població de la ciutat canvia ràpidament, passa dels 35.648 habitants el 1940 als 57.428 habitants l'any 1965. La població va seguir augmentant, gràcies als moviments migratoris nacionals i a la implantació industrial, fins a arribar als 101.619 habitants l'any 1975.

Aquest augment important de població comporta una manca d'equipaments i de serveis urbans i l'inici de greus problemes d'integració de la població nouvinguda. Es creen els barris, molts d'autoconstrucció i creixement desordenat, sense cap tipus de planejament, ni serveis, ni infraestructures. Primer va ser Parc Riuclar i Bonavista (1965), el Pilar (1967), la Granja, Icomar i la Floresta (1968). Posteriorment Sant Salvador (1969) la primera

promoció de la Ciutat cooperativa de Sant Pere i Sant Pau (1973) Riucclar (1974) i Campclar (1976).

Per pal·liar aquests problemes sorgeix una gran implicació de la ciutadania en la política, neixen agrupacions veïnals com l'Altaveu del Barri on els ciutadans tarragonins expressaven les seves opinions, les seves aspiracions, els seus problemes, les seves inquietuds... Els portaveus de cada barri es reunien amb els regidors de l'ajuntament per transmetre l'opinió de la gent.

El 1977 neix Tarragona Nova, una associació de veïns que sorgeix quan un grup de gent jove veu la necessitat d'organitzar la defensa contra la continuada degradació de la ciutat. Les principals preocupacions: la manca d'aigua, l'urbanisme, el trànsit i la contaminació.

Els partits polítics comencen a prendre una certa força a partir del 1971, especialment el PSUC (Partit Socialista Unificat de Catalunya) i el PSC (Partit Socialista de Catalunya). Entre finals de 1975 i abril de 1979 els esdeveniments es van precipitar fins a la victòria socialista en les primeres eleccions democràtiques municipals de l'alcalde Josep M. Recasens.

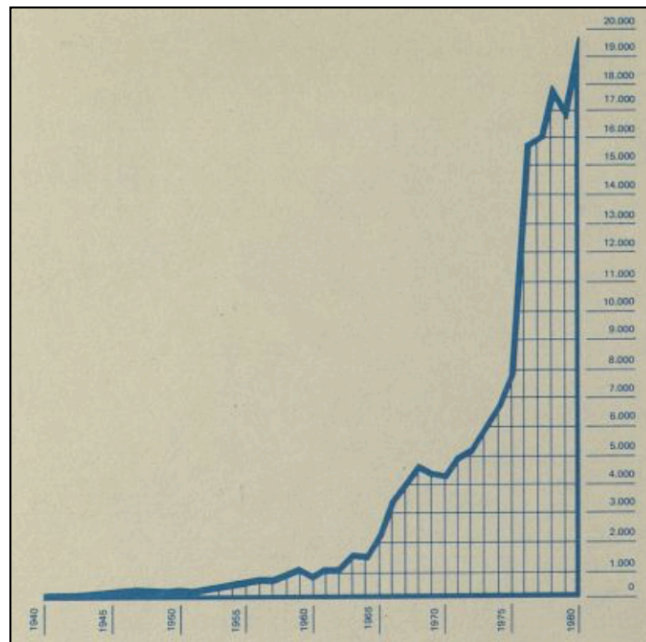


Fig. 2.1 Tràfic total Port de Tarragona: Milers de Tones anys 1940-1980.

Font: Memòria Anual del Port 1980



Fig. 2.2 Ampliació Dow Chemical sotmesa a votació. Font: Butlletí n°6 d'Informació Municipal de Tarragona 1979

2.2. Economia: Els ports de l'Estat

Ports de l'Estat és un organisme públic que depèn del Ministeri de Foment d'Espanya, amb responsabilitats globals sobre el conjunt del sistema portuari de titularitat estatal. S'encarrega de l'execució de la política portuària del govern i de la coordinació i control d'eficiència del sistema portuari. Actualment, format per 28 Autoritats Portuàries que administren els 46 ports d'interès general.

L'Article 149 de la Constitució Espanyola, referent a les “Competències Exclusives de l'Estat”, al punt 20 fa referència directa a la titularitat de ports i aeroports d'interès general.

Funcionament dels ports

Els ports desenvolupen una activitat d'interès públic servint al comerç internacional i a beneficiar l'economia dels estats, el seu desenvolupament potencia el creixement econòmic d'àmplies àrees costaneres i per tot això juguen una funció social creant ocupació i riquesa a les seves zones d'influència. Per tot això els ports exerceixen una funció pública en la qual l'administració de l'Estat al que pertanyen ha d'intervenir.

En general, és l'Estat el que defineix el com ha de ser el sistema portuari a cada país i estableix la política de gestió dels seus ports. D'aquesta manera, participa en les decisions

relatives a les principals infraestructures portuàries, incloent la seva forma de finançament, estableix els serveis públics essencials que els ports han de cobrir i les condicions per prestar-los, vetlla pel bon funcionament del conjunt del sistema, etc.

El nivell d'intervenció de l'aparell de l'Estat en la gestió dels ports difereix en gran mesura en funció del país. En alguns estats els ports funcionen de forma pràcticament autònoma i no existeix un organisme centralitzat encarregat específicament de la gestió portuària o de la coordinació de les activitats dels diferents ports; en aquests casos l'estat només estableix regulacions genèriques en el sector de la mateixa manera que ho fa en altres camps de l'activitat econòmica. En l'extrem oposat, hi ha estats que disposen d'un aparell administratiu (centralitzat o descentralitzat) que gestiona i executa completament la política portuària.

En qualsevol dels dos extrems és necessari prendre una sèrie de decisions que afecten directament a l'àrea local d'influència del port, és per això que apareix la necessitat d'establir algun tipus d'administració local per executar en cada port la política portuària definida per l'estat. En aquest sentit, cal tenir en compte que, malgrat la creixent tendència a la privatització dels serveis portuaris, existeixen funcions que difícilment poden deixar-se exclusivament a la iniciativa privada com poden ser la disponibilitat de les zones de maniobra per als bucs, les grans obres d'infraestructures del port o el dragatge dels canals d'entrada, el repartiment de l'espai portuari entre els diferents operadors, la coordinació de les activitats que duen a terme diferents agents i la garantia que es duen a terme segons la legislació vigent, etc.

L'administració responsable d'aplicar les directrius governamentals en cada port acostuma a rebre el nom d'Autoritat Portuària (*Port Authority* o *Port Administration*).

En el cas espanyol aquestes autoritats portuàries són organismes públics dependents de l'Administració General de l'Estat (cas dels ports d'interès general) o de les Comunitats Autònomes (cas de la resta de ports), amb personalitat jurídica i patrimoni propis independents dels de l'Estat i que actuen sota l'ordenament jurídic privat excepte en les competències de poder públic que tinguin assumides.

Tipus de ports

Depenent del nivell d'implicació que aquesta autoritat portuària tingui en l'execució de les operacions i la prestació dels serveis portuaris podrem diferenciar tres tipus de ports:

- Un *landlord port* és aquell en el qual l'autoritat portuària actua com un òrgan regulador de l'activitat portuària cedint l'espai físic en règim de concessions a operadors privats. L'autoritat portuària es reserva les decisions relatives a la utilització i disposició de les infraestructures i espais però l'operativa es duu a terme a través empreses privades, que en general són també encarregades de desenvolupar la superestructura i posar els mitjans de manipulació.
- Un *tool port* és el port l'autoritat portuària del qual gestiona la infraestructura i la superestructura pesada del port, mentre que empreses privades ofereixen els serveis comercials. L'autoritat portuària participa activament tant en obres d'infraestructura com en les de superestructura; així mateix, els equips de manipulació també seran finançats per aquesta. Un operador privat pot encarregar-se de l'explotació però amb els mitjans proporcionats per l'autoritat.
- Un *operating port*, *comprehensive port* o *service port* és aquell en el qual l'autoritat portuària, en aquest cas una administració pública, a més de realitzar les activitats de gestió d'espais i del territori i de ser el propietari d'infraestructures i superestructures, s'encarrega de l'explotació de les instal·lacions. L'autoritat portuària ofereix així tots els serveis requerits per al funcionament del sistema portuari.

La tendència actual és evolucionar cap als *landlord port* de manera que les autoritats portuàries es converteixin en gestors d'un territori i d'uns serveis que són cedits en règim de concessió a operadors privats per a la seva explotació a canvi d'un cànon d'utilització.

El port de Tarragona és un port tipus *landlord* que conté les tres vessants possibles en un port: comercial, pescador i esportiu.



Fig. 2.3 Imatge corporativa del Port de Tarragona.

3. Corrent arquitectònic: Brutalisme

El Brutalisme va ser batejat pel crític britànic Reyner Banham en un compendi d'articles el contingut dels quals es va evidenciar a la publicació de *The Brutalism* l'any 1966, aquest sorgeix com una denuncia de la contradicció entre la lògica de l'objecte de l'arquitectura i la del subjecte que utilitzarà els seus productes: el funcionalisme, entès com a doctrina estètica que s'identifica amb la primera fase inicial del que és l'arquitectura moderna, es basa, des de la seva perspectiva, en una racionalitat que està fonamentada en els principis de puresa i simplicitat, mentre que el funcionalisme real manté relació amb l'expressió dels valors de la vida. El crític va ser qui va adoptar el terme i va rebatejar la paraula brutalisme (*brutalism* en anglès), aquest terme identificava l'estil diferent i emergent respecte les altres obres arquitectòniques conegudes.

3.1. Història

El Brutalisme és un estil arquitectònic que es va associar amb les ideologies d'utopies socials que tendien a promoure els seus dissenyadors, especialment Alison i Peter Smithson¹. El fracàs de la formació de comunitats positives en estructures brutalistes, possiblement a causa del procés de decaïment urbà que va tenir lloc després de la Segona Guerra Mundial, especialment al Regne Unit, va privar tant a les ideologies com al moviment de popularitat. El Brutalisme com a estil arquitectònic va sorgir del Moviment Modern i va tenir el seu auge entre les dècades de 1950 i 1970.

¹ Peter Smithson (Stockton-on-Tees 1923-2003) i Alison Smithson (Alison Gill) (Sheffield 1928- 1993) van ser dos arquitectes i urbanistes anglesos que van treballar activament en els aspectes teòrics de l'arquitectura de les dècades dels 50 i 60. Estan considerats cofundadors del Brutalisme i Estructuralisme, i van formar part del Team 10, un grup d'arquitectes que des de la seva primera reunió en 1954 va exercir, mitjançant les seves publicacions, una gran influència en l'urbanisme de la segona meitat del segle XX. En altres disciplines artístiques, també van formar part del Independent Group (el IG "Grup Independent" període 1952-55. El IG estava format per pintors, escultors, arquitectes, escriptors i crítics d'art que volien desafiar l'enfocament modernista a la cultura que prevalia per aquesta època. Ells van introduir a debat la cultura de masses sobre temes com la alta cultura, re-avaluació del modernisme i van crear l'estètica del "com es troba" o "objecte trobat").

Els seus orígens estaven inspirats pel treball de l'arquitecte suís Le Corbusier (en particular en el seu edifici Unité d'Habitation) i de l'arquitecte finlandès Eero Saarinen. El terme és d'origen francès *béton brut* que significa "formigó cru", un concepte molt emprat per Le Corbusier per descriure la seva elecció dels materials.

El Brutalisme en la seva època va ser un moviment reformador que unit als principis fonamentals del funcionalisme van esdevenir en l'eliminació de molts convencionalismes produint una sana evolució dins de l'arquitectura moderna. Abans d'aquesta època l'arquitectura en general s'havia estancat, en part pels problemes que tenia el mercat de la construcció com a conseqüència de la Segona Guerra Mundial i en part per l'apatia dels arquitectes més experimentats que tenien la seva clientela establida i estaven ben posicionats.

El Nou Brutalisme va sorgir com una paròdia del que anomenaven Nou Humanisme i Nou Empirisme. Ludwig Mies van der Rohe¹ i Le Corbusier van participar en el Brutalisme. Ells van donar èmfasi a la lluminositat i a l'arquitectura honesta, però l'arquitectura del brutalisme va tenir en realitat el seu origen en l'estil de Mies van der Rohe on el puritanisme anglès marca l'estil senzill i elegant on no apareixen fraus. Una de les característiques més destacables d'aquesta tendència va ser la instal·lació de canonades, conductes i altres instal·lacions tècniques en la part exterior de la construcció a la vista de tothom, fet que va causar una gran sensació a tot el món i una tendència que va ser imitada per molts.

Anteriorment l'arquitectura tenia un criteri específic on es dissenyava amb ordre però a partir de l'aparició de l'arquitectura brutalista va canviar molt l'ordre i el significat de les obres on era molt diferent l'estructura, el color i el disseny. A partir de l'inici d'aquest corrent, s'han estat discutint els principis del que és l'arquitectura moderna, mirant des de dues perspectives molt diferents: per una banda, es fa èmfasi sobre el concepte de tolerància davant la precisió i, per l'altra, es lamenta la falta de simbolisme d'una arquitectura on els autors es preocupen en

¹ Ludwig Mies van der Rohe (Alemanya, 1886 - Chicago, 1969) Arquitecte alemany considerat juntament Walter Gropius i Li Corbusier i el nord-americà Frank Lloyd Wright, els majors arquitectes del segle XX. La seva consagració es va produir en 1929, quan va realitzar el pavelló d'Alemanya per a l'Exposició Internacional de Barcelona, considerat per molts la seva obra mestra i una de les obres arquitectòniques més influents del segle XX.

dissenyar mitjançant formes pures i rigoroses. En aquestes objeccions està implícita, i a vegades explícita, la idea que l'ideal d'ajust i de precisió entorpeix la producció, de manera que la tecnologia seria l'encarregada d'incorporar la "rebaixa" que la realitat imposaria a la ideologia i a l'estètica maquinista.


3.2. Característiques

Els edificis brutalistes normalment estan formats per geometries angulars repetitives, i sovint es mantenen les textures dels motlles de fusta que es van utilitzar per donar forma al material, que normalment és el formigó. No tots els edificis brutalistes estan fets de formigó, l'edifici pot ser també brutalista si té una aparença aspra i s'aprecien els seus materials estructurals des de l'exterior. Moltes de les cases construïdes per Alison i Peter Smithson estan fetes de maó (veure Fig. 3.1). Els materials de construccions brutalistes poden ser també el maó, el vidre, l'acer i la pedra.



Fig. 3.1 Escola Hunstanton. Norwich (Anglaterra)

A continuació s'exemplifiquen les característiques generals del Brutalisme mitjançant l'obra Unité d'Habitation de Le Corbusier a Marsella (França):

Unité d'Habitation		
Arquitecte:	Le Corbusier	
Ubicació:	Marsella, França	
Any projecte:	1952	
Material principal:	Formigó armat	<p>Fig. 3.2 Perspectiva planta superior</p>


- Cerca de la identitat: la Unité d'Habitation es centra en la vida comunal per a tots els seus habitants, un lloc per fer les compres, jugar i viure.
- Arquitectura per masses: el 1947, quan Europa continuava sota les repercussions de la Segona Guerra Mundial, Le Corbusier va ser l'encarregat de dissenyar un projecte de vivenda residencial multifamiliar per la gent de Marsella que havia estat desplaçada després dels bombardejos a França
- Edificis públics de gran superfície: es tracta d'un complex residencial amb una cabuda d'uns 1600 residents aproximadament.
- Sostenibilitat: està construïda a partir de formigó armat vista, que era el material menys costós a l'Europa de la postguerra.
- Arquitectura expressiva mitjançant els materials, la forma, l'estructura i la tecnologia: La utilització de formigó es pot interpretar com una aplicació materialista amb l'objectiu de caracteritzar l'estat condicional de la vida després de la guerra: aspra, desgastada i implacable.
- Estructures repetitives, formes angulars i estil rústic.



Fig. 3.3 Façana principal i detall de l'estructura de la planta baixa.

3.3. Edificis més rellevants

A continuació es mostren alguns dels edificis del corrent arquitectònic Brutalista més destacats. Són obres d'arquitectes de diferents nacionalitats, els edificis estan ubicats en diferents països i, tot i ser del mateix corrent arquitectònic, es pot apreciar l'ampli ventall de característiques representatives d'aquest moviments.

Escola Hunstanton		
Arquitectes:	Peter Smithson i Alison Smithson	
Ubicació:	Norwich, Anglaterra	
Any projecte:	1954	
Material principal:	Maons i vidre	<p>Fig. 3.4 Perspectiva: aules i dipòsit</p>

Característiques principals:

- Les qualitats d'aquest edifici es poden sintetitzar en: llegibilitat formal de la planta, clara exhibició de l'estructura i valoració dels materials en les seves qualitats inherents.
- Tots els materials apareixen sense pintar i es poden veure fins i tot les instal·lacions elèctriques i les canonades a la vista.
- L'armadura de l'estructura és d'acer presoldat, amb sòls i cobertes de lloses prefabricades de formigó.
- En els paviments es troben diferents materials: rajoles de plàstic a les aules i tallers, paviments de fusta al hall i al gimnàs i gespa i plaques de formigó vist a les àrees de joc i als patis interiors.
- La majoria de façanes estan fetes de maons de color groguenc vist amb tocs d'una capa blanquinosa per reduir la porositat.
- Les façanes que cobreixen la zona de les aules es van estructurar amb panells de vidre que permetien l'entrada de llum natural. Però generaven un problema de temperatura tant a l'estiu com a l'hivern.

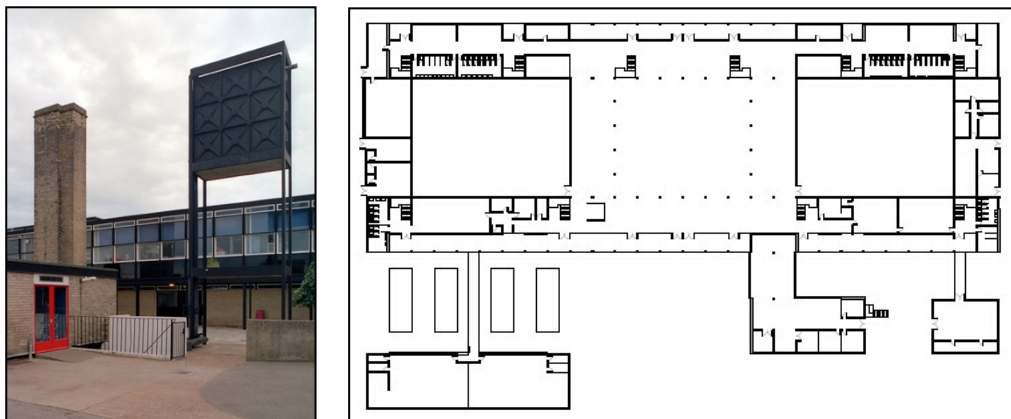



Fig. 3.5 Detall instal·lacions (dipòsit i xemeneia) i planta de l'edifici

Terminal de la TWA, Aeroport Internacional John F. Kennedy		
Arquitecte/es:	Eero Saarinen	
Ubicació:	New York, EE.UU.	
Any projecte:	1962	
Material principal:	Formigó armat	Fig. 3.6 Perspectiva de l'edifici

Característiques principals:

- La terminal té forma de quatre petxines de formigó sobre potes d'animal simulant un ocell amb ales desplegadas sostingudes per bigues exteriors de les quals pegen els tancaments de vidre.
- L'expressivitat de les corbes suggereixen un ocell volant representant l'emoció del viatge i el canvi en l'arquitectura d'aquella deixant en el passat la postguerra.
- L'estructura sembla un gran bloc de formigó però en el seu interior està reforçada per una gran xarxa d'acer oculta que dona suport la coberta. Els tancaments estan realitzats amb vidre.

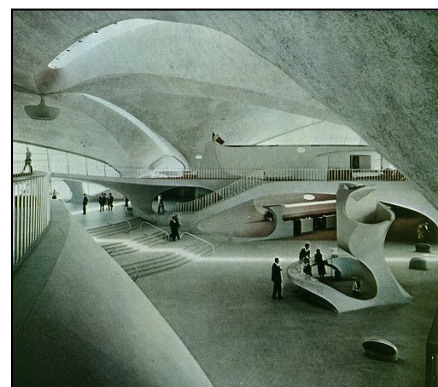
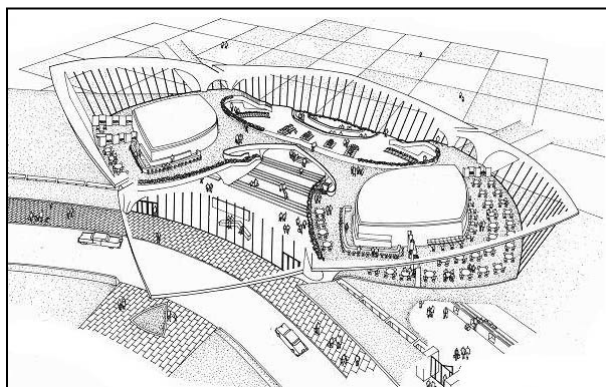


Fig. 3.7 Dibuix de la perspectiva axonomètrica i imatge de l'interior

Biblioteca Geisel	
Arquitecte:	William L. Pereira
Ubicació:	San Diego, EE.UU.
Any projecte:	1970
Material principal:	Formigó armat




Fig. 3.8 Vista principal

Fig. 3.8 Vista principal

Característiques principals:

- El concepte subjacent és el d'una gran planta intermèdia amb pisos cònics, més petits per sota i per a dalt, amb la idea principal d'obtenir llum natural la major part del dia.
- L'edifici resultant és una estructura de vuit pisos amb dos nivells submergits i sis pisos de diferents dimensions per sobre del nivell del terra.
- El formigó es el material principal de l'estructura i els tancaments són realitzats per la gran quantitat de vidres que varien la tonalitat, depenent del clima i l'hora del dia, creant un aspecte dinàmic i sempre canviant.

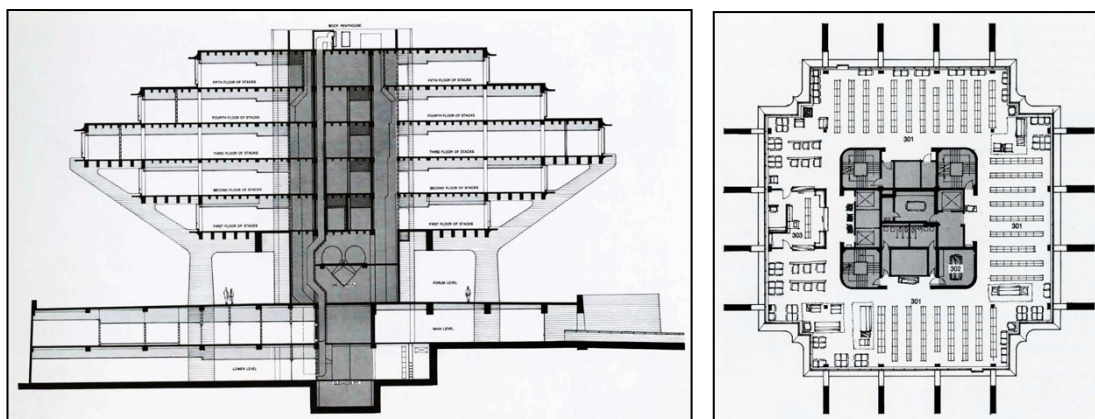


Fig. 3.9 Dibuix de l'alçat i de planta 2ª de l'edifici

Robin Hood Gardens	
Arquitectes:	Peter Smithson i Alison Smithson
Ubicació:	New York, EE.UU.
Any projecte:	1962
Material principal:	Formigó armat




Fig. 3.10 Façana de l'edifici sud

Fig. 3.10 Façana de l'edifici sud

Característiques principals:

- El projecte a l'est de Londres en una zona degradada urbanísticament i social. La idea va consistir en la construcció de dos grans blocs de formigó que rodejaven una zona verda obtinguda a partir de l'abocament de les deixalles de l'obra.
- Una de les característiques del projecte va ser que l'accés a les vivendes es realitzava a través de llargs passadissos exteriors excloent la circulació de vehicles en tota l'àrea del complex.
- L'estructura dels edificis està realitzada amb ferro i recoberta amb elements prefabricats de formigó armat. Les portes són de fusta. Les balconades a partir de la tercera planta van ser tancades amb reixes de ferro per seguretat.

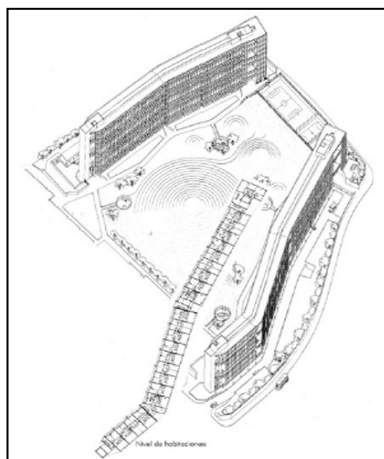



Fig. 3.11 Dibuix del complex i imatge llarg passadís

Torre Genex o Porta de l'Oest		
Arquitecte:	Mihajlo Mitrović	
Ubicació:	Belgrado, Serbia	
Any projecte:	1977	
Material principal:	Formigó armat	<p>Fig. 3.12 Planta de la Torre Genex</p>

Característiques principals:

- És un gratacel de 115 metres d'altura. Són dos edificis diferenciats, un de residencial de 30 pisos i un altre d'oficines de 26, units per un pont, que representen la porta d'entrada des del Nou Belgrad i l'aeroport al centre de la ciutat.
- L'edifici està format essencialment per lloses de formigó. Gran part dels tancaments estan realitzats amb finestrals de vidre.
- La idea: Genex era l'empresa estatal d'importació i exportació amb ramificacions en tots els sectors econòmics. Les dues torres recorden la fusió entre economia socialista i de mercat pròpia de l'antiga Iugoslàvia.

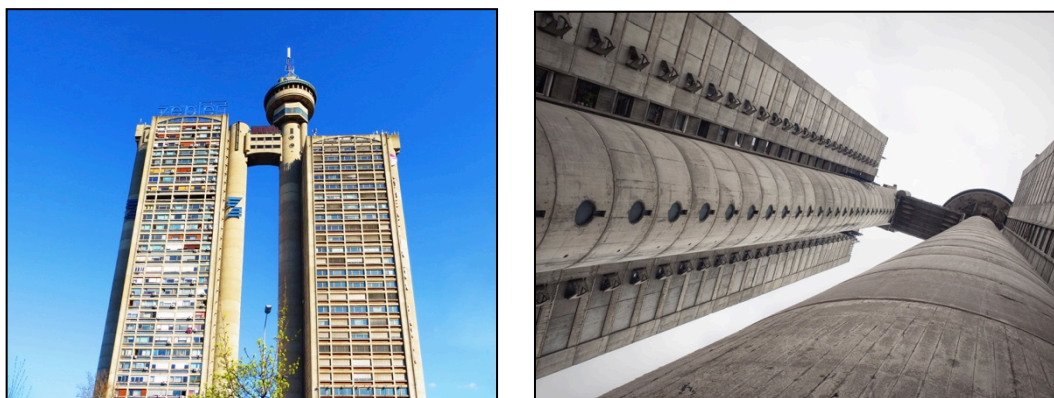


Fig. 3.13 Imatge de la façana i detall de la zona entre edificis

4. MÈTODES DE CÀLCUL DE L'ÈPOCA

4.1. Mètode de Cross

Introducció:

El mètode de Cross o mètode d'aproximació de moments va ser desenvolupat per Hardy Cross (1885-1959), catedràtic de la universitat d'Illinois, nascut a Nansemond Country, Virginia. Aquest mètode va ser publicat per primera vegada al 1930, en una revista de l'ASCE. Es tracta d'un mètode d'aproximacions successives, el que vol dir que el grau de precisió en el càlcul pot ser tan elevat com ho desitgi el calculista. Fins a l'aparició d'aquest mètode, l'estudi d'algunes estructures només podia fer-se mitjançant procediments matemàtics prou complexes. El mètode permet seguir pas a pas el procés de distribució de moments en l'estructura, donant un sentit físic molt clar a les operacions matemàtiques que es realitzen. Va ser utilitzat des de 1935 fins 1960, quan va ser substituït per altres mètodes i, al voltant de 1950, es va començar a utilitzar al nostre país.

Cross proposa en el seu mètode que en lloc d'obtenir el valor numèric de tots els desplaçaments en una sola operació matemàtica, s'obtinguin gradualment aquests valors numèrics. Per aconseguir això proposa que, partint de l'estructura en el seu estat 1 (els nusos no poden desplaçar-se ni girar), i introduint forces artificials, s'alliberin gradualment els diferents graus de llibertat fins que les forces introduïdes artificialment desapareguin.

El mètode de Cross permet definir els diagrames de moments flectors de les estructures de pòrtics múltiples de nusos rígids i, sobre la base d'ells, determinar la validesa dels predimensionaments establerts. Està basat amb el mètode de l'equilibri, sent un mètode d'aproximacions successives. La hipòtesi per desenvolupar aquest és que no es consideren deformacions axials degudes els esforços axials perquè es consideren barres inextensibles.

El procés d'alliberament de graus de llibertat és el següent: s'allibera completament el primer dels graus de llibertat, estant la resta completament restringits, i es calculen les forces que s'indueixen a totes les barres que s'uneixen al punt de control en què és alliberat el primer grau de llibertat. Es repeteix aquest procés per al segon fins al enèsim grau de llibertat.

Quan s'allibera el segon grau de llibertat, de nou s'ha de restringir completament el primer. Això equival a immobilitzar el primer grau de llibertat en la posició en què va quedar després

del seu alliberament.

En acabar el cicle complet (per als n graus de llibertat) les forces restrictives artificials probablement hauran disminuït de magnitud. S'haurà de verificar si la magnitud de la major d'aquestes forces és menor que un cert límit d'error, en aquest cas, les forces internes calculades són raonablement properes a les que s'obtidrien del càlcul a través de l'ús del mètode general de rigideses.

En cas de ser major al límit d'error, s'ha de repetir el procés d'alliberament gradual dels n graus de llibertat fins que la força restrictiva major sigui menor al límit d'error acceptable.

Per l'estudi de les estructures, es poden classificar en dos grans tipus, segons sigui l'anàlisi.

- **Les estructures isostàtiques:** Per determinar les forces internes en la estructura només cal plantejar les equacions de l'equilibri per trobar les incògnites ($\sum F_{ext} = 0$, $\sum M_{ext} = 0$) i resolent-les és suficient. Per calcular les deformacions caldrà recórrer a les relacions constructives dels materials i les relacions geomètriques en l'estructura deformada, a partir de les quals es poden calcular les deformacions.
- **Les estructures hiperestàtiques:** En aquest cas, com apareixen més incògnites que equacions, no es pot resoldre només amb les equacions de l'estàtica anteriors, caldrà aplicar les relacions físiques entre esforços i deformacions.

El mètode de Cross diferencia entre tres tipus d'estructures segons els seus tipus de nusos rígids:

- Estructures amb nusos que permeten el gir però que no es poden desplaçar, f_v i f_h són zero (no translacionals).
- Estructures amb nusos que permeten el gir i el desplaçament dels mateixos (translacionals). Aquest és el que engloba la majoria d'estructures susceptibles d'usar el mètode a la realitat.
- Estructures amb nusos que no permeten ni gir ni desplaçament f_v , f_h i ϕ són zero (inamovibles o absolutament fixes).

En el primer cas els càlculs són prou senzills. En canvi, en el segon, cal efectuar càlculs suplementaris (estats de carga auxiliars), però les condicions en que es fonamenta no són molt

més complicades.

Per l'aplicació d'aquest mètode, cal considerar el següent:

- Moments d'encastament en extrems fixos

Són els moments produïts a l'extrem de l'element per càrregues externes quan les juntes estan fixes.

- Rigidesa a la flexió (K)

És la propietat que té un element que li permet resistir un límit d'esforços de flexió sense deformar-se. La rigidesa flexional d'un element és representat com el producte del mòdul d'elasticitat (E) i el segon moment d'àrea, també conegut com moment d'inèrcia (I) dividit per la longitud (L) de l'element, que és necessària en el mètode de distribució de moments, és a dir, $K=(4EI)/L$. No és el valor exacte però és la raó aritmètica de rigidesa de flexió de tots els membres.

Existeixen aquests casos específics de rigidesa: si el nus es un encastament perfecte $K=\infty$, si és una articulació mòbil perfecte $K=0$ i si l'extrem oposat és articulat $K=(3EI)/L$.

- Coeficients de distribució

Són les proporcions dels moments no equilibrats que es distribueixen a cada un dels elements. Un moment no equilibrat en un nus, és distribuït a cada element concurrent en ell, aquesta distribució es fa directament proporcional a la rigidesa a flexió que presenta cada un d'aquests membres.

- Coeficients de transmissió

Els moments no equilibrats són portats sobre l'altre extrem del membre quan es permet el gir en el suport. La raó de moment implicat sobre l'altre extrem entre el moment en l'extrem fix de l'extrem inicial és el coeficient de transmissió. Valors Típics: 0,5 per nodes sense encastament i 0 per nodes encastats

- Convenció de signes

Un moment actuant en sentit horari és considerat positiu. Això difereix de la convenció de signes usual en enginyeria, la qual emprava un sistema de coordenades cartesianes amb l'eix positiu X a la dreta i l'eix positiu Y cap amunt, resultant en moments positius sobre l'eix Z sent antihoraris.

Finalment, per aquest càlcul es poden distingir dos procediments: el directe per estructures translacionals i l'indirecte.

4.2. Mètode indirecte de Cross

Per l'aplicació d'aquest mètode, cal plantejar les següents hipòtesis de càlcul:

1. Se suposa que la relació entre les deformacions unitàries d'un material i els esforços és lineal, és a dir, el material té un comportament elàstic lineal (Llei de *Hooke*).
2. Es aplica el principi de superposició.
3. La càrrega de l'estructura s'aplica de manera monòtona creixent.
4. Es menyspreen les deformacions degudes a l'esforç tallant.
5. L'equació que governa la flexió de les barres és la de flexió de Navier, i la solució ha de satisfer les condicions externes corresponents al comportament elàstic.
6. Es menyspreen les deformacions als esforços d'acció (ni s'allarguen ni s'escurcen).
7. Encara que s'estudiïn estructures planes sempre es suposa que l'estructura forma part d'un sistema tridimensional més gran que es estable a l'espai.

El procediment de càlcul es pot descriure com un mètode on es va desenvolupant l'estructura fins obtenir-ne la real, iniciant el procediment des d'una estructura limitada, des d'on s'aniran traient restriccions fins arribar a l'estructura real. Es poden diferenciar quatre etapes, on les dos primeres es poden englobar en "l'estat fonamental" i les altres dos en "l'estat paramètric".

- **Estat fonamental**

ETAPA 1: Els nusos no es poden desplaçar i no poden girar. Les barres estan encastades pels seus extrems en els nusos. Així apareixen els moments d'encastament perfecte.

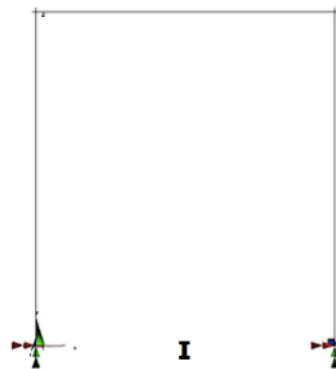


Fig. 4.1 Etapa 1

ETAPA 2: Es considera que els nusos poden girar però segueixen sense poder desplaçar-se. Repartiment i transmissió de moments.

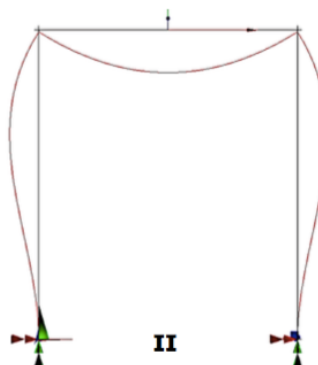


Fig. 4.2 Etapa 2

- **Estats paramètrics**

Hi ha tants estats paramètrics com graus de desplaçament té l'estructura.

ETAPA 3: Els nusos es poden desplaçar, però amb rigidesa, de manera que no poden girar.

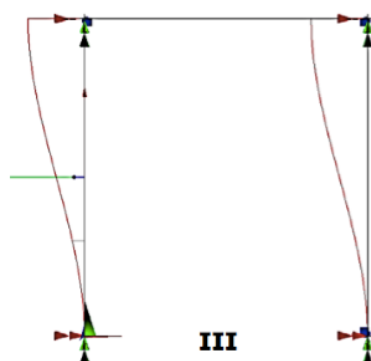


Fig. 4.3 Etapa 3

ETAPA 4: Es permet el gir i el desplaçament dels nusos.

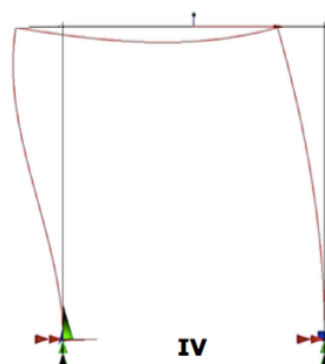


Fig. 4.4 Etapa 4

Per a realitzar les imatges de les diferents etapes del procediment de Cross, s'ha utilitzat el programari de càlcul d'estructures *Estruwin*, programa informàtic desenvolupat pel departament de Resistència de Materials i Estructures de la ETSEIB.

Per tant, per estructures que no es poden desplaçar, n'hi ha prou amb l'estat fonamental, mentre que per estructures desplaçables es necessari realitzar l'estat fonamental i paramètric i, pel segon, tantes vegades con graus de desplaçament tingui l'estructura.

Pel desenvolupament del mètode de Cross, caldrà seguir els passos següents:

1. Prèviament calen els càlculs de la rigidesa de les barres, coeficients de repartiment i transmissió.
2. ETAPA 1: Càlcul dels moments d'encastament perfecte a partir de taules, teoremes de Mohr, $\sum m$.
3. ETAPA 2: Distribucions i transmissions: Es dibuixa la malla, amb els coeficients de distribució per nus i els moments d'encastament perfecte.

Procediment:

1ª tornada a l'equilibri: Es desbloqueja nus a nus (desfent l'encastament) de manera que el nus pot girar i les barres interactuar.

En cada nus, les barres que concorren a ell restableixen l'equilibri, aportant un moment d'igual valor i sentit contrari. Cada barra fa la seva aportació en funció del seu corresponent coeficient de distribució. Després de que cada nus quedi equilibrat, es fa una línia horitzontal i es torna a bloquejar el nus.

1ª tornada de traspassos: Cadascun dels moments aportats per les barres, generen en els seus suports, un moment d'igual sentit (signe) i la meitat del seu valor. Òbviament, les barres que no aporten moment no traspassen moment al suport contrari. Així, s'ha completat la primera volta.

Els encastaments de l'estructura en els seus suports rebran la totalitat dels moments que se'ls hi transmetin per les barres que hi concorren, mentre que els extrems articulats no suporten cap moment.

Una vegada s'arriba al darrer nus, s'haurà de fer una altra volta per tal de compensar els desequilibris causats per la transmissió d'aquests. És a dir, s'haurà de realitzar aquest procediment fins que els moments transmesos siguin de l'ordre de l'1 al 2% dels d'encastament perfecte.

Per comprovar que no hi ha errors en el procediment, es poden sumar els moments finals de cada nus, de manera que el total haurà de ser zero, ja que està en equilibri.

4. ETAPA 3: Es calculen els parells d'encastament local per varies fases (α, β, \dots), tantes com graus de desplaçament tingui l'estructura.
5. ETAPA 4: Igual que en la etapa 2, es fan les distribucions i transmissions de cada fase ($4\alpha, 4\beta, \dots$).
6. Es fan les equacions d'equilibri.

En l'etapa 4 apareixen uns esforços tallants a les barres, degut al desplaçament i gir dels nusos, tals que la seva suma en la direcció de cada topall deurà d'equilibrar a les forces directes i de l'etapa 2 trobades anteriorment. S'estableixen les “equacions dels desplaçaments” per cadascun dels graus de desplaçament de l'estructura. Per tant, hi hauran tantes equacions com fases i, després, caldrà establir les equacions dels desplaçaments i determinar els paràmetres (α, β, \dots).

7. Es sumen els moments de l'etapa 2 amb els de l'etapa $4\alpha, 4\beta$, corregides pels paràmetres trobats.
8. Es superposen els diagrames de moments, isostàtic i hiperestàtic.
9. Es determina l'esforç tallant en les barres i el seu diagrama.
10. Es determinen els esforços axials a les barres.
11. Es troben els girs i desplaçaments reals als nusos.
12. Finalment, es dibuixa la deformada de l'estructura.

4.2.1 Mètodes indirectes per estructures translacionals

Anomenat també “mètode de compensació de moments”, que serveix per evitar el plantejament del sistema d'equacions del mètode indirecte, resolent-ne en una sola etapa les dues del procediment indirecte. Es considera un estat fonamental i tants estats paramètrics com graus de translacionalitat existeixin, considerant en aquests últims els efectes que sobre l'estructura descarregada produeixen les translacions successives dels nusos, originades en

retirar algunes de les forces restrictives o suports ficticis. L'estat real " E_r " és la superposició de l'estat fonamental " E_f " i dels estats paramètrics " E_p ", afectats pels coeficients " p " de proporcionalitat entre les translacions de l'estructura real i les translacions suposades dels estats paramètrics.

Com es tracta d'un mètode característic de cada estructura, és difícil poder detallar-ho pas a pas, però la metodologia a seguir, a trets generals, és la següent:

S'han de realitzar desplaçaments i girs successius per anar aproximant-se poc a poc a l'estructura deformada. Inicialment, per evitar el desplaçament de l'estructura, es posen topalls en la mateixa. Amb els topalls col·locats es fa girar parcialment els nusos, de manera que variaran els esforços tallants de les barres, la reacció sobre els suports de les barres canviarà. Aleshores, s'aniran realitzant canvis successius, de manera que variïn les reaccions dels suports fins trobar la posició final de l'estructura, en la que la reacció sobre els suports s'anul·la. Això serà possible degut a que la suma del tallant de totes les barres corresponents a un desplaçament Δ serà igual a zero en el cas que no hi hagi forces als nusos, o iguals al tallant de l'estructura en el cas que sí les hi hagi.

4.3. Els mètodes que apareixen després del mètode de Cross

4.3.1 Mètodes matricials

Els mètodes d'anàlisi plantejats pels científics del segle XIX, van dotar als enginyers estructuralistes d'unes eines que tenien un camp d'aplicació restringit perquè el fet de portar implícites simplificacions, només les feien aplicables a estructures amb condicions particulars.

La seva utilització en la pràctica comença a finals dels anys 60, totalment lligats a l'aparició dels ordinadors, els quals va possibilitar l'anàlisi d'estructures més complexes, utilitzant algorismes de càlcul en els que no eren necessàries les simplificacions i per tant, eren aplicables a tot tipus d'estructures. Els nous mètodes de càlcul seguien basant-se en els teoremes fonamentals del càlcul clàssic, els quals donaven a les equacions un tractament numèric amb tècniques de l'àlgebra matricial ("mètodes matricials").

La metodologia matricial és aplicable a la totalitat d'estructures planes, superficials i espacials de nusos articulats, rígids o mixtes. Es tracta d'un sistema molt simple que s'adapta a la sistemàtica de funcionament i ordenació de dades dels ordinadors.

El procés d'anàlisi matricial d'una estructura consisteix en adaptar un model matemàtic d'estructura discretitzada en parts petites, connectades entre elles a través dels punts nodals o nodes, de manera que la representació sigui la més real possible. D'aquesta manera, el model suposa les cargues exteriors de l'estructura concentrades als nodes, i cadascun d'ells està en equilibri sota l'acció de forces que exerceixen els elements continguts a ells i, si n'hi ha, amb la carga exterior aplicada.

Dins els mètodes matricials es pot destacar el mètode matricial de la rigidesa o dels corriments, on les incògnites són les forces elàstiques nodals o els corriments nodals. En el mètode dels elements finits, la formulació més utilitzada a la pràctica és la que està basada amb el mètode dels corriments.

5. Normativa de l'època

L'edifici de l'Antiga Seu Portuària de Tarragona està fet bàsicament de formigó armat. Donada l'època de la redacció del projecte (1975) i l'inici de la construcció de l'edifici (1978) per entendre les solucions adoptades cal consultar la següent instrucció:

Decreto 3062/1973, de 19 de octubre, por el que se aprueba la Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado, publicat en el BOE del 7 de desembre 1973, que actualitza el Decret 2987/1968, del 20 de setembre, prorrogat per Decret 3458/1970, del 19 de novembre.

El primer capítol parla de les disposicions generals, referint-se en l'article 1, al camp d'aplicació de la Instrucció, tant a les construccions de formigó en massa com amb armadures. En els altres articles parla de la intervenció facultativa i serveis d'informació local, entre d'altres.

Pel que fa els materials, és al capítol 2, on s'especifiquen les característiques del ciment, es detallen en els documents d'origen, els assajos que es duen a terme, i la manera de rebre'l a l'obra. La utilització de ciment aluminós és de tracte particular i requereix una justificació especial de l'ús que ha de ser aprovada, per tant ja no és de lliure utilització.

Les armadures, que seran d'acer, poden ser:

- Barres llises.
- Barres corrugades.
- Malles electrosoldades.

Els diàmetres nominals per les barres llises i corrugades s'ajustaran a la següent sèrie:

\emptyset [mm]: 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25, 32, 40 o 50.

El formigó ha de complir les característiques exigides referents a la resistència a compressió, ductilitat i mida màxima de l'àrid, i quan sigui necessari altres característiques especials com: resistència a tracció, absorció, pes específic, etc.

La resistència del formigó no serà menor que 50kp/cm^2 en massa o que 125kp/cm^2 armat. La resistència característica del formigó s'expressa f_{ck} i s'expressa amb $[\text{kp/cm}^2]$, es recomana

utilitzar la següent sèrie de formigó:

H-50, H-100, H-125, H-150, H-175, H-200, H-225, H-250, H-300, H-350, H-400, H-500.

S'ha de complir que la resistència mínima del formigó en funció del límit elàstic de l'acer (f_{yk}) han de mantenir la següent relació:

$$f_{ck} \geq 50 + 0,02 \cdot f_{yk}$$

En l'edifici, s'utilitza formigó normal amb un límit elàstic de 200kg/cm^2 i amb una resistència característica de l'acer emprat per armar de 4600kg/cm^2 .

L'obra ha de presentar una sèrie de documents especificats en l'article 4. Per qualsevol obra de formigó en massa o armat caldrà redactar prèviament un Projecte, format per: Memòria, Plànols, Plec de condicions i pressupost.

La **Memòria** ha de contenir una descripció general de l'obra, el criteri que ha servit a la seva concepció, les hipòtesis de càlcul i sobrecàrregues considerades, els coeficients de seguretat i tensions màximes acceptades, les reaccions sobre els fonaments, i els raonaments justificatius de les dimensions i armadures dels diversos elements, amb subjecció a la present Instrucció a les teories de la Resistència de materials i estabilitat de les construccions. També han d'aparèixer, en cas que s'hagin realitzat, els càlculs per ordinador.

En els **Plànols**, es representaran les diferents parts de què consta la construcció, de manera que quedin clarament definides les formes i dimensions.

Plec de prescripcions tècniques particulars, cal esmentar la normativa-instrucció que s'està utilitzant perquè quedin clares com s'extreuen les característiques dels materials emprats.

El **Pressupost**: es recomana realitzar els mesures expressant les excavacions i els ompliments en metres cúbics, els encofrats en metres quadrats, els formigons en metres cúbics, les armadures en quilograms i els elements auxiliars com requereixin.

El **Programa** del possible desenvolupament dels treballs en temps i cost òptim de caràcter indicatiu.

En el cas de que les obres siguin contractades o executades per l'Estat o pels seus Organismes Autònoms, el projecte haurà de tenir els quatre primers documents citats (Memòria, Plànols, Plec de prescripcions tècniques particulars i Pressupost) sigui quin sigui el seu valor i el

cinquè, en cas de que el seu valor superi els 5.000.000 de pessetes.

Aquests quatre documents esmentats, seran indispensables per tot projecte que s'hagi de seguir tramitació oficial. Sempre serà indispensable la representació clara dels plànols i càlculs justificatius, documents que hauran de ser signats per un facultatiu legalment autoritzat a Espanya.

6. L'edifici: APT

6.1. L'arquitecte: Josep M^a Garreta i Cusidó

És un arquitecte i polític català, nascut a Tarragona el 25 de maig del 1941. Va ser membre del Sindicat Democràtic d'Estudiants i va participar en la Caputxinada¹ del 9 al 11 de març de 1966. Un any més tard es va llicenciar en Arquitectura per la Universitat de Barcelona i va especialitzar-se en urbanisme. Un cop va completar els seus estudis universitaris, va marxar a l'oficina de projectes del comtat de Leicester (Regne Unit) i va treballar sota la gran influència de l'arquitecte anglès Sir James Stirling. A finals dels anys seixanta va fundar l'empresa Garreta Arquitectes, estudi familiar que, encara avui dia, desenvolupa la seva activitat en el camp de l'arquitectura, l'urbanisme i l'interiorisme. El 1973 es va diplomiar com a tècnic urbanista a l'Institut d'Estudis de l'Administració Local de Madrid i va passar a ser membre de la ponència tècnica de la Comissió Interprovincial d'Estudis Regionals. Posteriorment, va ser director de l'equip redactor de diferents plans generals d'ordenació urbana.



Fig. 6.1 L'arquitecte Garreta

Ha estat arquitecte en cap de la Diputació de Tarragona en 1977. A més de ser l'autor i director de l'edifici de l'antiga Seu Portuària de Tarragona, també ha estat el director de les obres de construcció de l'estadi de futbol del Club Gimnàstic de Tarragona, de la residència de jubilats Nostra Senyora de la Mercè, del Palau de la Diputació, tots aquests amb la clara intenció de fer ciutat i, també, de la restauració del cimbori del Monestir de Poblet.

¹ Del 9 a l'11 de març de 1966, es va celebrar l'assemblea constituent del Sindicat Democràtic d'Estudiants de la Universitat de Barcelona al convent dels caputxins de Sarrià. Hi van participar uns 450 representants d'estudiants, professors i intel·lectuals. El convent va ser rodejat per la policia i l'assemblea va decidir restar a l'interior fins que van ser desallotjats. El setge i posterior assalt policial al convent va engegar un moviment unitari de solidaritat política i ciutadana, la Taula Rodona Democràtica, antecedent de l'Assemblea de Catalunya, i va reforçar la incorporació a la lluita antifranquista de sectors eclesiàstics i professionals.



Fig. 6.2 Cimbori Monestir de Poblet



Fig. 6.3 Dibuix Nou Estadi i ciutat esportiva Nàstic de Tarragona

Membre del consell executiu d'Esquerra Republicana de Catalunya, el març de 1982 va substituir Josep Roig i Magrinyà com a diputat al Parlament de Catalunya, escollit a les eleccions al Parlament de Catalunya de 1980, responsabilitat que va desenvolupar fins al 1984 com a membre de la Comissió de Política Territorial del Parlament de Catalunya. Actualment està jubilat i viu a Tarragona.

6.1.1 La influència de l'arquitecte: James Stirling

L'estada de Josep M. Garreta a l'oficina de projectes del comtat de Leicester (Regne Unit) li va permetre en primer lloc conèixer una forma d'organitzar el treball en equip que després va aplicar a la Diputació de Tarragona quan va accedir a la direcció del Servei de Construccions Civils, i en segon, el contacte directe amb l'obra de James Stirling que tot just acabava l'Escola d'Enginyeria de la Universitat de Leicester.

James Stirling va néixer a Glasgow, el 22 d'abril de 1926, però la seva família es va traslladar a Liverpool l'any següent. Stirling va estudiar en una escola local i després a la Universitat de Liverpool on es va llicenciar l'any 1949 amb un projecte final de carrera amb forta inspiració lecorbuseriana i marcada tendència funcionalista. Després l'any 1953, va marxar a Londres on va treballar tres anys a l'estudi de Lyons, Israel i Ellis. Tres anys més tard va fundar la seva pròpia companyia amb James Gowan. Les creacions més rellevants d'aquests anys va ser la Trilogia Vermella formada per: l'edifici d'Enginyeria a la Universitat de Leicester (1959-1963), la Biblioteca d'Història de Cambridge (1964-1967) i l'edifici Florey del Queen's College a Oxford. (1966-1971). Des de 1977 fins a 1983 va construir la Staatsgalerie (a Stuttgart), on va desenvolupar temes clàssics des d'una òptica avantguardista. També ho va fer al Centre d'Arts de la Universitat de Cornell (1983-1988) i en l'ampliació de la Tate Gallery de Londres (1980-1986). La capacitat de Stirling per reinventar-se a si mateix s'evidencia a la fàbrica Braun en Melsungen (Alemanya), acabada en 1992. L'edifici és una ferma reflexió racionalista, amb un disseny alliberat de signes postmodernistes, la qual cosa va suggerir als crítics que la seva obra evolucionaria en aquest sentit.

Premiat en molts països, Stirling va rebre la Real Medalla d'Or d'Arquitectura en 1980, i va ser nomenat Sir en 1991. El 1981 va ser guardonat amb el premi Pritzker¹ d'Arquitectura.

¹ El premi Pritzker és el reconeixement més prestigiós a la trajectòria d'un arquitecte. El concedeix, anualment, la Fundació Hyatt i va ser creat en 1979 pels Pritzker, una adinerada família de Chicago propietària de la cadena d'hotels Hyatt.

Característiques principals:

Per Stirling un edifici ha de reflectir l'ús al qual és dedicat, i ja que són persones les que protagonitzen aquest ús, l'edifici ha de mostrar una riquesa i una varietat d'elements en la seva façana i no ha de ser de simple. Així, per exemple, un edifici dedicat a investigar o mostrar la història, ha de disposar de formes i elements que evoquin els esdeveniments històrics en el transcurs de les diferents èpoques. La manera en la qual aquestes formes i elements es combinen constitueix per Stirling l'art de l'arquitectura.

Dissenyar edificis més humans és una altra constant en la trajectòria de Stirling. Les consideracions humanístiques de l'edifici, dins del seu entorn, dominen tot el relatiu a l'estructura, l'estètica i fins i tot l'economia.

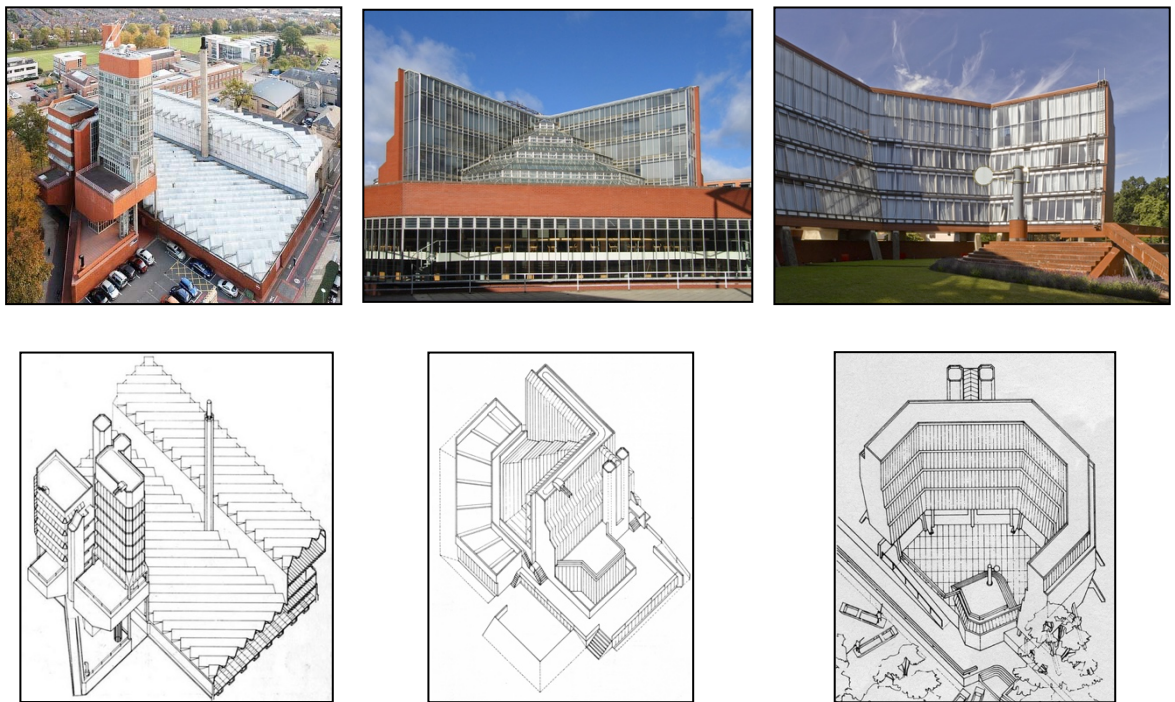


Fig. 6.4 Trilogia Vermella (imatge i dibuix en perspectiva): Edifici Universitat de Leicester, Biblioteca Universitat Cambridge i Edifici Florey Queen's College

6.2 Història

6.2.1 Passat: Construcció i descripció de l'edifici

Construcció: i descripció de l'edifici:

Fa 41 anys es van iniciar els tràmits per dur a terme un projecte que canviaria la vida del Port de Tarragona. Un projecte que atorgaria un nou aire al *skyline* de la capital de la província. Un projecte trencador i innovador en la seva època.

Tot va començar al desembre de l'any 1975, quan es va redactar el projecte de l'edifici per als serveis de la Autoritat Portuària situat a l'esplanada del Passeig de l'Escullera. Les anteriors oficines estaven situades en la Plaça dels Carros, que en el seu moment van ser obra de l'enginyer Francisco G. de Membrillera. Avui dia, aquest lloc és l'Arxiu del Port. Pel que fa al nou edifici de la Autoritat Portuària, va ser l'enginyer i director del Port d'aquella època, Joaquín Juan Dalac, qui va signar el projecte. En 1973 havia demanat permís a Madrid per redactar-ho, però no va ser fins a octubre del 1975 quan va arribar l'autorització.



Fig. 6.5 Situació de l'edifici i les entitats del port properes.

Des del principi, l'objectiu va ser situar l'edifici en una zona que permetés atorgar a la construcció el caràcter significatiu que ha de correspondre a un organisme que té gran influència en l'àmbit econòmic de la província i que posseeix certa projecció cap a l'exterior de la nació, donades les seves relacions amb el món marítim internacional.

D'acord amb aquesta idea bàsica l'arquitecte, Josep Maria Garreta Cusidó, va declarar que si les ciutats poden i han de llegir-se, l'edifici hauria de reflectir plàsticament el que és i ha estat el port per a la ciutat.

Descripció de l'edifici:

L'edifici es va construir durant els anys 1978 i 1980. La solució al problema estètic, a un nivell conceptual estava plantejada, i l'organigrama funcional s'adaptava adequadament a la idea. El programa exigia tres unitats operatives: Explotació i Personal, Obres i Projectes, i Conservació i Actuació Administrativa, a més de Sala de juntes i Direcció, dues vivendes i algunes estances complementàries. Donat que no s'exigia una especial relació física entre aquestes unitats, l'edifici es va concebre com una torre de sis plantes, en cadascuna de les quals s'ubicaria una de les unitats operatives, estructurades al voltant d'un eix de comunicació vertical format per un ascensor de caixa cilíndrica i una gran escala volada helicoidal, amb el que es va aconseguir estalviar espai mort de circulació i reforçar, en l'espai interior, la idea centralitzadora que es volia que l'edifici aportés al seu entorn portuari.

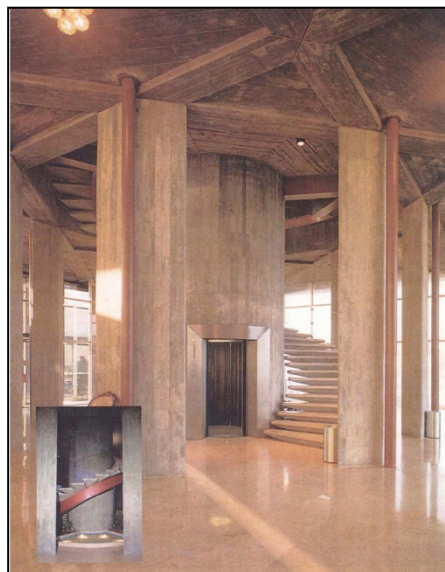


Fig. 6.6 Planta baixa: escales i ascensor

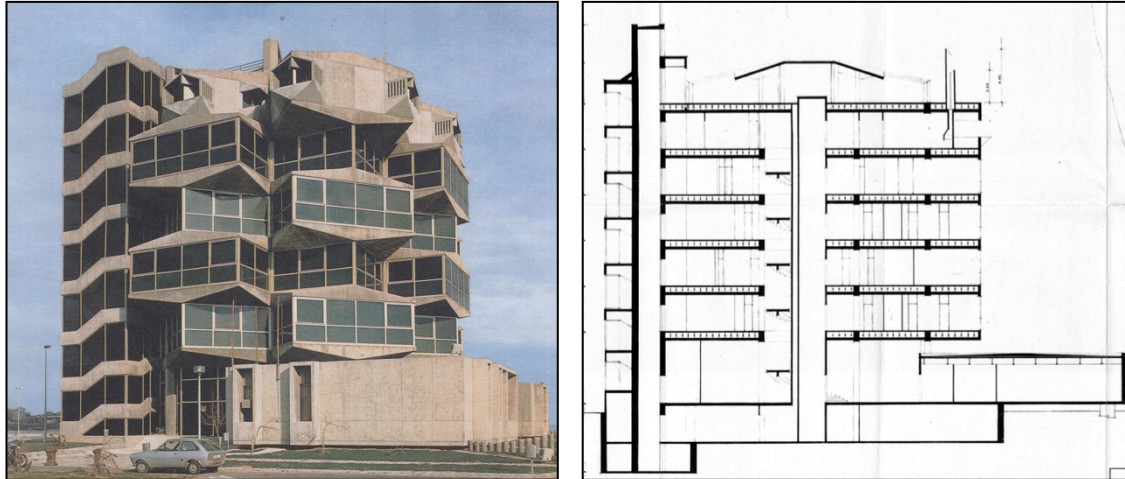


Fig. 6.7 Planta lateral: imatge i dibuix

El caràcter nodular de l'edifici exigia una concentració volumètrica difícilment compatible amb l'expressivitat amb la qual se li volia dotar. La compatibilització de les dues idees va impulsar a buscar un sistema de configuració volumètrica comprensible a primera vista. Es va recórrer a la tipologia de l'edifici-torre de plantes alternades que, forçant l'estructura, permetia disposar de volums sospesos sobre el buit, l'expressivitat de la qual es ressaltava bisellant-los a base de cares triangulars, com buscant la dimensió volumètrica de la Rosa dels Vents¹.

¹ Una rosa dels vents és un símbol en forma de cercle que té marcats al voltant els rumbs en què es divideix la circumferència de l'horitzó. La seva invenció s'atribueix al mallorquí Ramon Llull, encara que la descripció detallada que dóna Plini el vell en el llibre II podria haver estat la seva referència bàsica. En les cartes de navegació es representa per 32 rombes (deformats) units per un extrem mentre l'altre assenyala el rumb sobre el cercle de l'horitzó. Sobre el mateix se situa la flor de lis amb la que s'acostuma a representar el Nord, que es documenta a partir del segle XV.

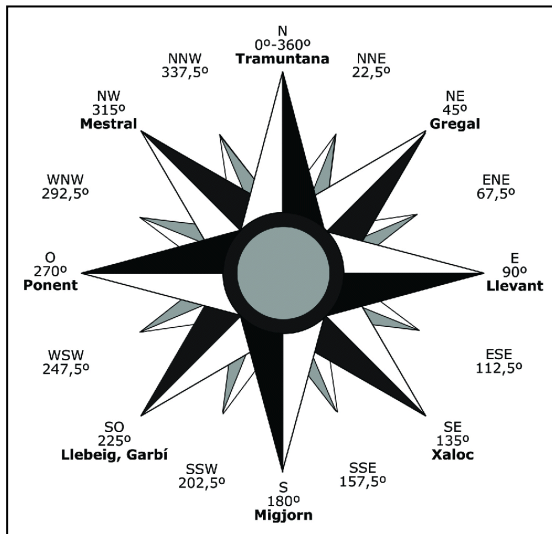


Fig. 6.8 Rosa dels Vents

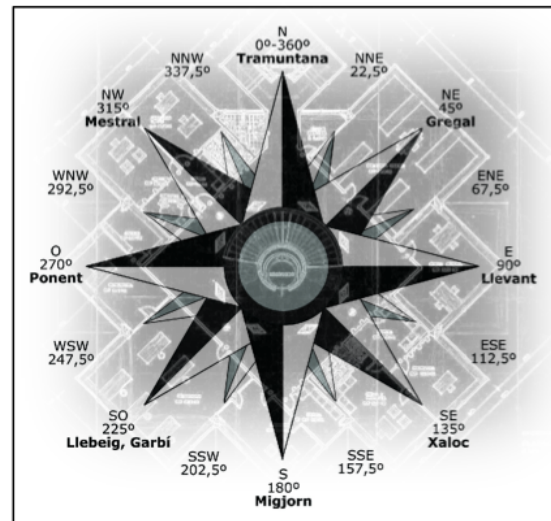


Fig. 6.9 Superposició: Rosa dels vents i 2ªPlanta

Les plantes seguien mantenint el seu perímetre octogonal necessari en un edifici que el seu ús exigeix la possibilitat de variar, amb la funció, la seva distribució interior. L'estructura va adquirir la forma d'estrella de vuit puntes amb els seus rajos confluint en el lloc central.

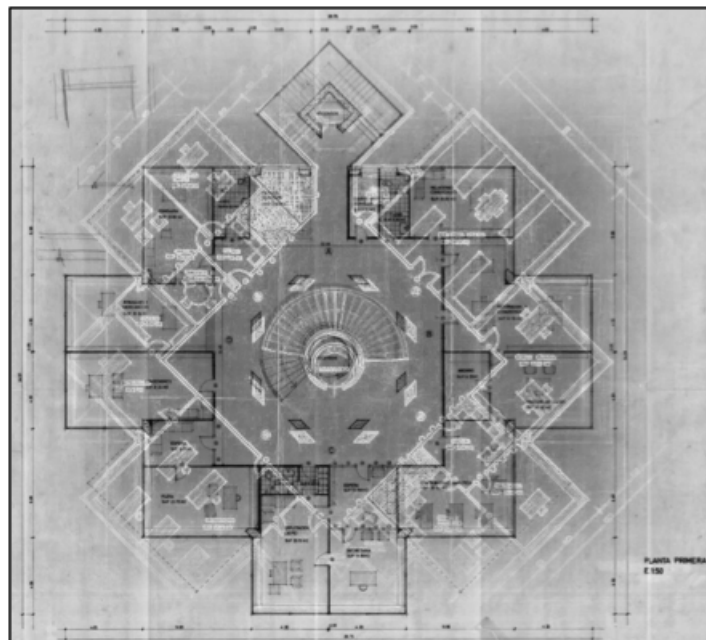


Fig. 6.10 Superposició 1ª planta (línies fosques) i 2ª planta (línies clares)

Es va voler reproduir en tots els sostres utilitzant paviments flotants, però per raons de pressupost es va reduir al de la planta baixa, del vestíbul d'entrada. El vestíbul es va sobre dimensionar intencionadament utilitzant l'espai com a element ornamental obert a l'exterior per a incorporar-li el paisatge marí, limitat per quatre prismes de planta quadrada, mantenint la doble simetria respecte a l'eix central, on se situa la pagadoria, vigilància i vivenda del conserge, cafeteria i serveis, i en el qual, una vidriada escala de servei i emergència que, trencant amb tota l'alçada el ritme compositiu, neutralitza la rigidesa formal del conjunt.

Finalment, quedava resoldre l'última planta. Si per una part, el seu ús com a vivenda exigia un tractament diferenciat de les altres plantes destinades a oficines, plàsticament convenia la composició volumètrica. Amb aquesta finalitat es va contraposar el caràcter obert de les plantes d'oficina, al tancat d'aquesta última, amb predomini del parament tancat sobre els buits, que es dissenyaren en forma de macles com generades per una llei cristal·logràfica de la resta de l'edifici i de forma que protegissin la vivenda de les inclemències meteorològiques a les quals està exposat per la seva desprotegida situació.

Amb dos materials, vidre i formigó, l'esforç dels Serveis Tècnics del Port i la capacitat de l'Empresa Constructora Agromán, l'edifici de la Junta del Port es va construir.



Fig. 6.11 Vista façana i escala serveis

Característiques del corrent arquitectònic:

- Geometries repetitives angulars: els plans bisellats formulen una mena de llei cristal·logràfica basada en la rotació de plantes que aporten complexitat de formes i volums.
- Arquitectura expressiva: l'edifici expressa les sensacions d'utilitat, eficàcia, dinamisme i competitivitat amb el joc de llum i ombra que proporcionen el gran volums suspesos al buit com a recreant la rosa dels vents, que l'espectador va descobrint progressivament a mesura que s'hi acosta.
- Materials: el formigó vist i el vidre incorporen l'expressivitat de l'estructura a l'interior de l'edifici.
- Cerca d'identitat: l'edifici manifesta volumètricament els seus elements funcionals, la manera de treballar l'estructura i les relacions humanes que alberga. S'exemplifica amb la diferència d'ús (habitatges situats a la cinquena planta) de la resta de l'edifici (oficines).



Fig. 6.12 Escala, oficines i sala de juntes.

6.2.2 Present

Durant els últims anys l'edifici ha estat en el centre de la polèmica. L'edifici va deixar d'utilitzar-se a l'estiu de l'any 2010 i es va quedar sense ocupació. Va haver-hi molta incertesa donat que durant l'any 2010 i principis del 2011 s'especulava que l'edifici podia anar a terra per diversos motius:

- Aluminosi: es va prohibir en l'ús de la construcció l'any 1970.
- Danys estructurals irreparables: posteriorment s'ha demostrat que eren reparables.

Des del Port s'assegurava que no tenien cap proposta viable des del punt de vista tècnic i jurídic alhora per mantenir viu l'edifici. Es creu que hi havia intenció de fer una requalificació urbanística.

Davant la possibilitat d'un enderroc, a finals de l'any 2010, un grup d'arquitectes de la ciutat i de la rodalia, liderats per Saül Garreta, fill de l'arquitecte que va fer el disseny, va crear una plataforma amb l'objectiu d'evitar que l'edifici desaparegués. El col·lectiu, compta amb arquitectes d'arreu de les comarques de Tarragona i l'adhesió d'entitats, associacions i institucions d'àmbits molt diversos com: l'Agrupació d'Arquitectes per a la Defensa i la Intervenció del Patrimoni Arquitectònic (AADIPA) i la Reial Societat Arqueològica de Tarragona.

Durant el mes de febrer del 2011, l'alcalde de la ciutat, Josep Fèlix Ballesteros, i el president del Port, Josep Andreu, van decidir que l'edifici no s'enderrocaria però, un cop demostrat que no patia aluminosi, calia fer un informe de l'estat de l'edifici perquè presentava greus deficiències estructurals.

A finals del 2011, es va proposar, un cop finalitzades les obres, com la seu permanent del comitè organitzador dels Jocs del Mediterrani, que s'havien de celebrar a la Tarragona l'any 2017. Els més de 4000m² serien espai més que suficient per a les oficines, els cursos de formació i voluntariat, màrqueting i comunicació, entre altres coses.

L'any 2013 l'empresa Windmill va fer uns primers estudis que van abastar la inspecció de l'edificació, la redacció d'un pla de mostrejos, que permetrien la definició de l'armat de l'estructura i la realització d'assajos, destructius i no destructius, amb la finalitat de determinar la resistència dels formigons i possibles atacs àcids. El treball es va completar amb la realització d'un peritatge de l'estructura, per mitjà d'un model d'elements finits en tres dimensions, al que es van incorporar les dades obtingudes en la campanya de recerca. Finalment es van realitzar una sèrie de recomanacions i propostes d'intervenció en l'estructura.

L'estudi estadístic va permetre establir la resistència característica del formigó present en l'obra, d'acord a les recomanacions establertes en el CTE-SE la UNE-EN 1990. I la definició de l'abast de l'atac químic sofert per l'estructura, a causa d'un procés combinat de carbonatació i clorurs procedents de l'ambient marí (Annex C).

6.2.3 Futur

Actualment, el projecte tècnic que ha finalitzat a finals de l'any 2015 conclou que s'han de reforçar les estructures internes, respectar la forma polièdrica i invertir-hi en noves instal·lacions que el facin un edifici d'eficiència energètica (*smart city*¹). Com les obres no estan iniciades es descarta la utilització de l'edifici com la seu permanent del comitè organitzador dels Jocs del Mediterrani 2017. La idea és mantenir la sala d'actes i els espais de formació de la planta baixa. Donada la incertesa respecte els Jocs del Mediterrani que finalment s'han posposat fins al 2018, aquesta opció ha quedat bastant descartada a l'espera d'un gir inesperat per part del comitè que els organitza.

En un principi les obres les havia de costejar Ports de l'Estat però donada la situació econòmica del país en els últims anys, l'Autoritat Portuària pretén obrir un concurs de rehabilitació i explotació de l'edifici, que haurà de ser destinat a oficines, per un període de 50

¹ Una Smart City, o ciutat intel·ligent, es pot descriure com aquella ciutat que aplica les tecnologies de la informació i de la comunicació (TIC) amb l'objectiu de proveir-la d'una infraestructura que garanteixi: desenvolupament sostenible, increment de la qualitat de vida dels ciutadans, major eficàcia dels recursos disponibles i una participació ciutadana activa.

anys. En tot cas la suma a invertir per la posada a punt rondarà els 5 milions d'euros.

Finalment, i segons anunciava el *Diari Més Digital* el 21 de desembre de 2016 després d'una entrevista amb el senyor Josep Andreu, president del Port de Tarragona, l'edifici ATP acollirà el serveis portuaris i dos de les seves plantes seran llogades per a oficines. És la destinació que se li donarà a l'edifici. Per tant, les oficines de l'edifici Port de Control de Tarragona, que actualment estan en l'immoble que va ser construït l'any 1997 en la bocana del Port de Tarragona, es traslladaran a la planta més alta de l'antiga seu de la Autoritat Portuària. D'altra banda, el APT llogarà dos de les plantes i una tercera, a més de la planta baixa on es troba el vestíbul que utilitzarà per a usos propis. D'aquesta manera, es desencalla la problemàtica d'aquest edifici emblemàtic que quedava buit i s'evita la idea de treure a concurs públic la reforma de l'edifici i la seva posterior explotació durant cinquanta anys per a oficines va quedar descartada definitivament, en resultar poc atractiva econòmicament per a qualsevol inversor.

L'opció de traslladar els serveis portuaris, que actualment hi ha al vell edifici Port Control, estalviarà a l'ATP haver de construir un de nou. Només caldrà invertir els cinc milions d'euros, de la reforma de l'edifici de l'ATP.

6.3 Càlculs: alguna part del projecte tècnic

6.3.1 Estudi geotècnic

Els assajos geotècnics van ser realitzats per l'empresa GEOS. Donat el reconeixement de les característiques del terreny es van dur a terme una sèrie de sondejors mecànics efectuats a rotació amb extracció del testimoni continu i presa de mostres a diferents nivells, així com una sèrie d'assajos de penetració Standard al seu interior. Donada la naturalesa del terreny (sorres i graves) no va ser possible l'obtenció de mostres inalterades.

Les mostres extretes van ser sotmeses a una sèrie d'assajos al laboratori central amb la finalitat de determinar els paràmetres geotècnics del terreny.

El número dels diferents treballs efectuats van ser els següents:

- 3 sondejors efectuats a rotació amb extracció del testimoni continu.
- 13 assajos de penetració Standard.

Sondejos mecànics:

Els sondejors es van replantejar en el terreny segons la figura (Fig. 6.13) en el plànol de situació dels treballs de camp G995/01.

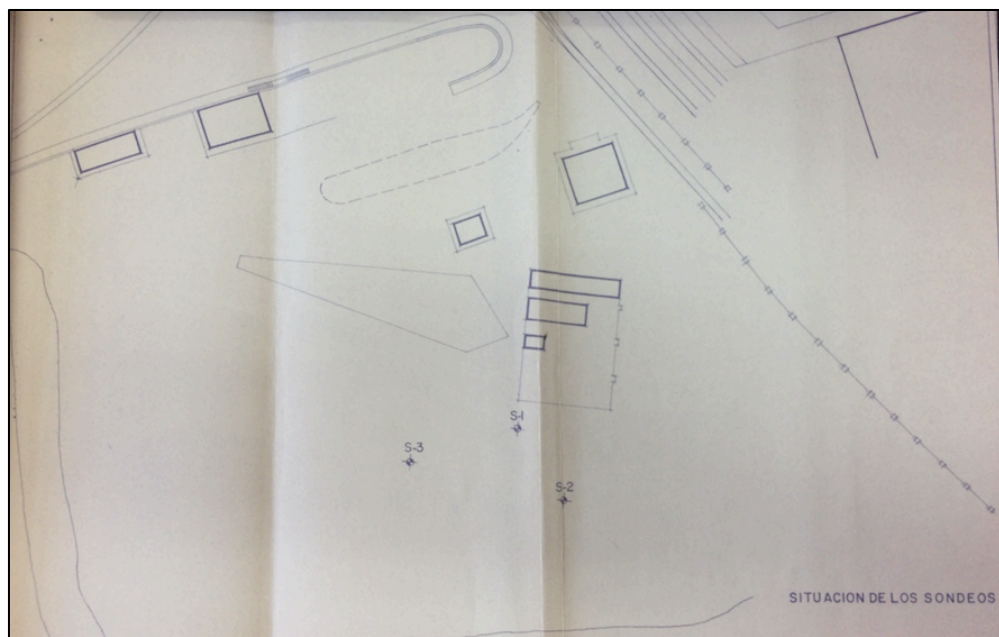


Fig. 6.13 Plànol G995/01: Situació dels sondejors

Les profunditats assolides a cadascun d'ells van ser:

Sondeig nº	Cota [m]	Profunditat [m]
1	4,85	19,40
2	0,35	13,60
3	0,10	20,10

Taula. 6.1 Sondejos mecànics

A la vista del testimoni continu ontingut en els sondejos es van realitzar els corresponents talls litològics, en els que s'indiquen les diferents capes travessades i la descripció d'aquestes, paràmetres geotècnics, assajos Standard, presència de nivell freàtic i altres dades complementàries. Aquests talls figuren als gràfics G995/02, G995/03 i G995/04 (Fig.: 6.14, Fig. 6.15 i Fig. 6.16).

Del testimoni continu i alhora que es procedia a la perforació, es van prendre mostres representatives de cada metre de sondeig que es van empaquetar en bosses de plàstic amb l'objecte de realitzar assajos de classificació sobre elles.

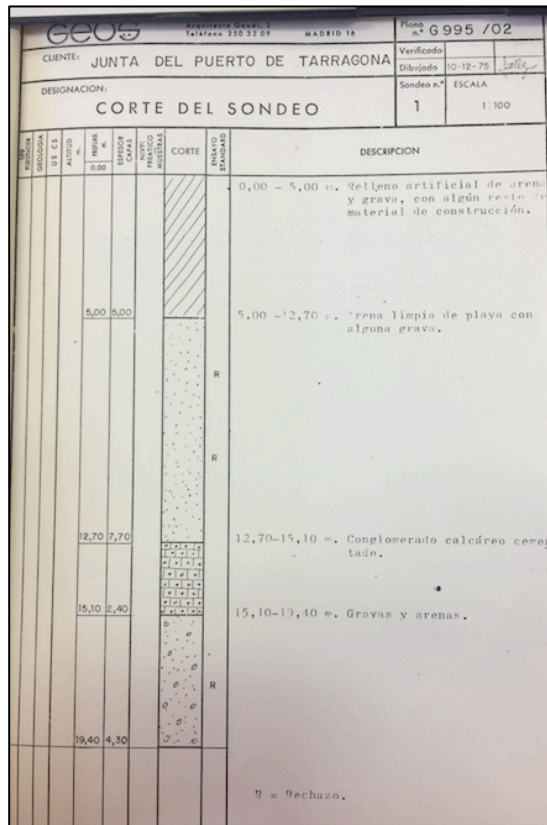


Fig. 6.14 Gràfic G995/02

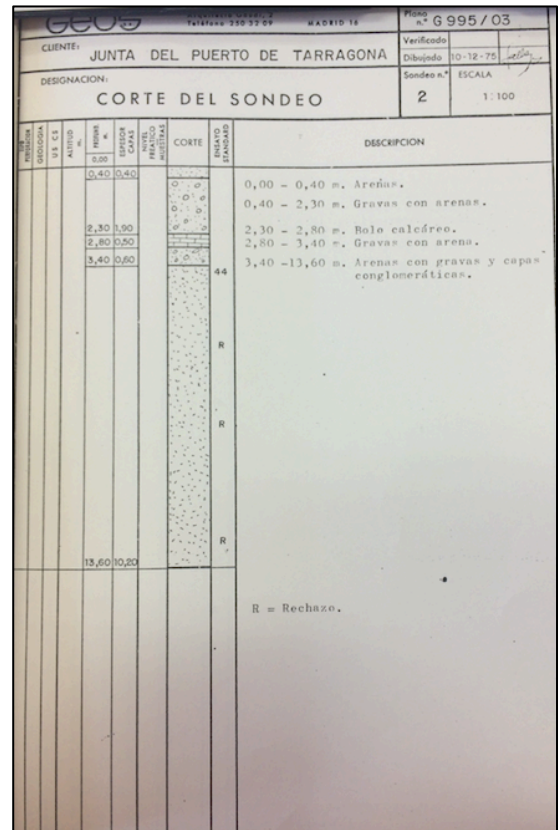


Fig. 6.15 Gràfic G995/03

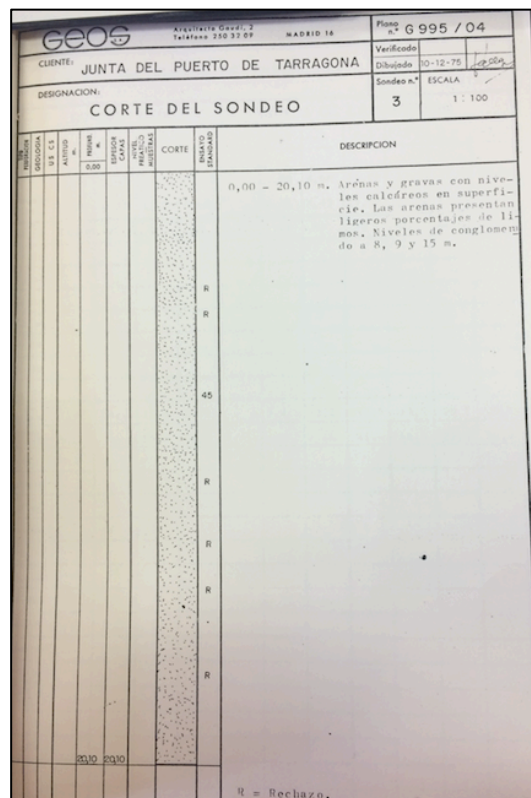


Fig. 6.16 Gràfic G995/04

Assajos de penetració Standard:

Els assajos de penetració Standard realitzats a l'interior del terreny determinen la compactació del terreny al nivell d'assaig. Consisteix en la penetració mitjançant cops de la cullera Standard, dimensions de les quals s'indiquen al final de la memòria tècnica.

El resultat de l'assaig és el nombre de cops necessaris per produir la penetració de la cullera 30 cm a l'interior del terreny. Abans d'efectuar l'assaig pròpiament dit es realitza una penetració de cullera de 15 cm que no es comptabilitza, amb la finalitat d'evitar que el terreny que pot haver estat alterat per la perforació.

Es van realitzar 13 assajos de penetració (Fig.: 6.14 - Fig. 6.16), els resultats dels quals indiquen valors molt pròxims al rebuig. Donada la naturalesa del terreny amb apreciable quantitat de graves, aquests resultats s'han de prendre amb un criteri conservador, no obstant els mencionats resultats indiquen unes característiques favorables del terreny.

Assajos de laboratori:

Donades les característiques del terreny, només va ser possible la realització d'assajos de classificació (granulometries).

La determinació de les corbes granulomètriques dels materials analitzats s'ha efectuat mitjançant tamisat, gràfics G995/06-10 (Fig. 6.17 - Fig. 6.21).

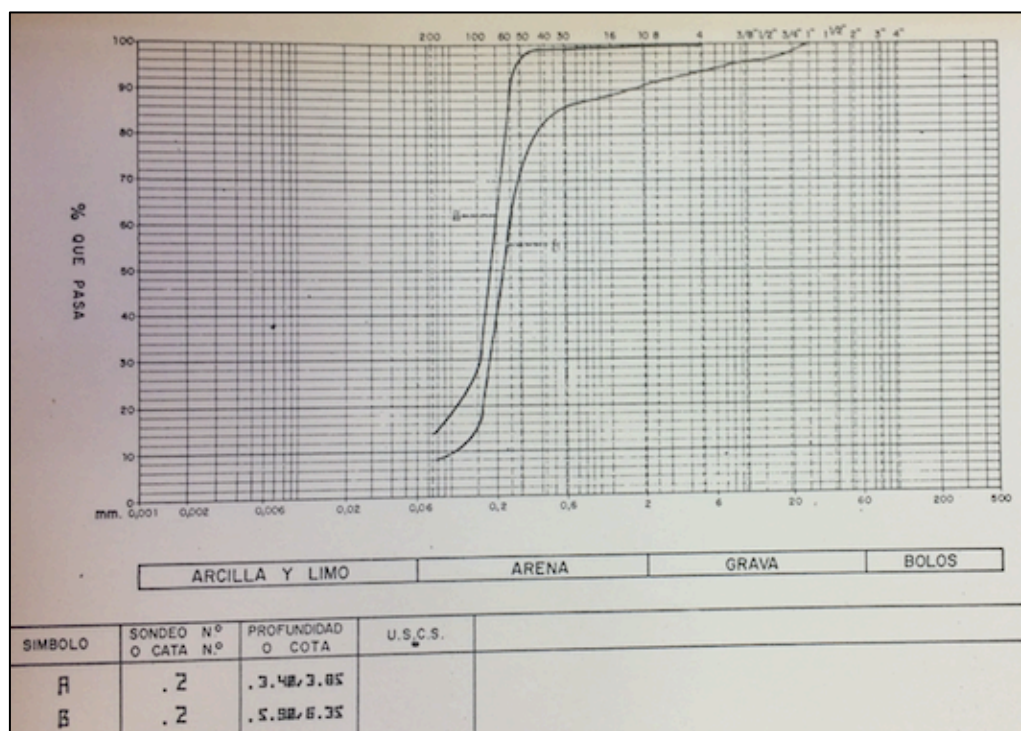


Fig. 6.17 Gràfic G995/06

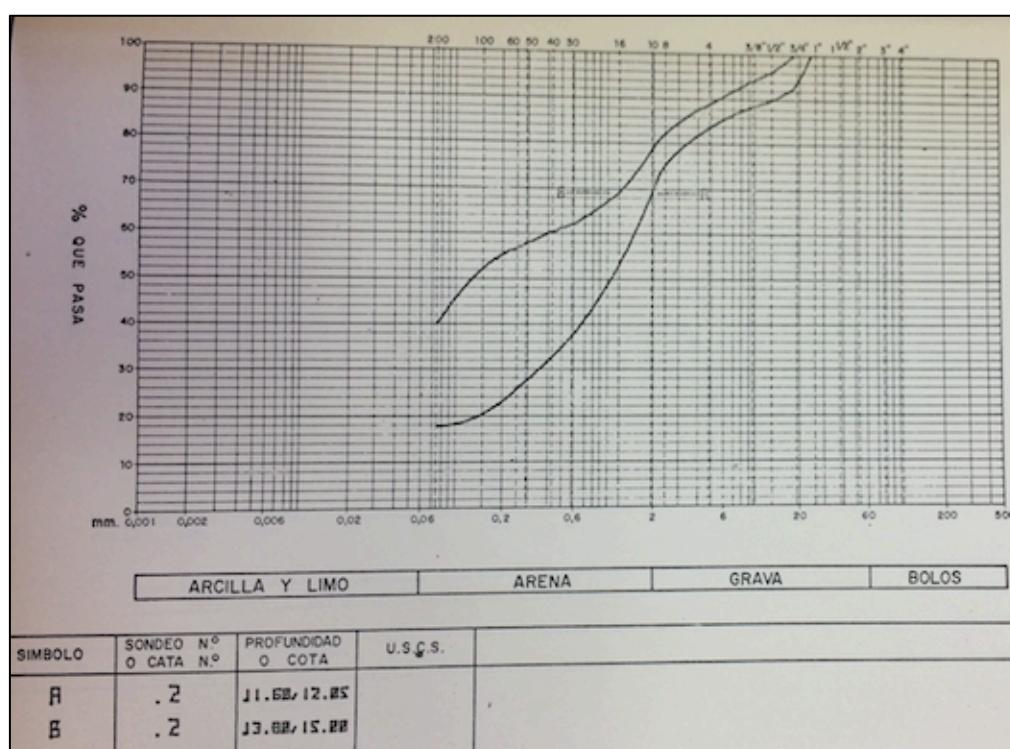


Fig. 6.18 Gràfic G995/07

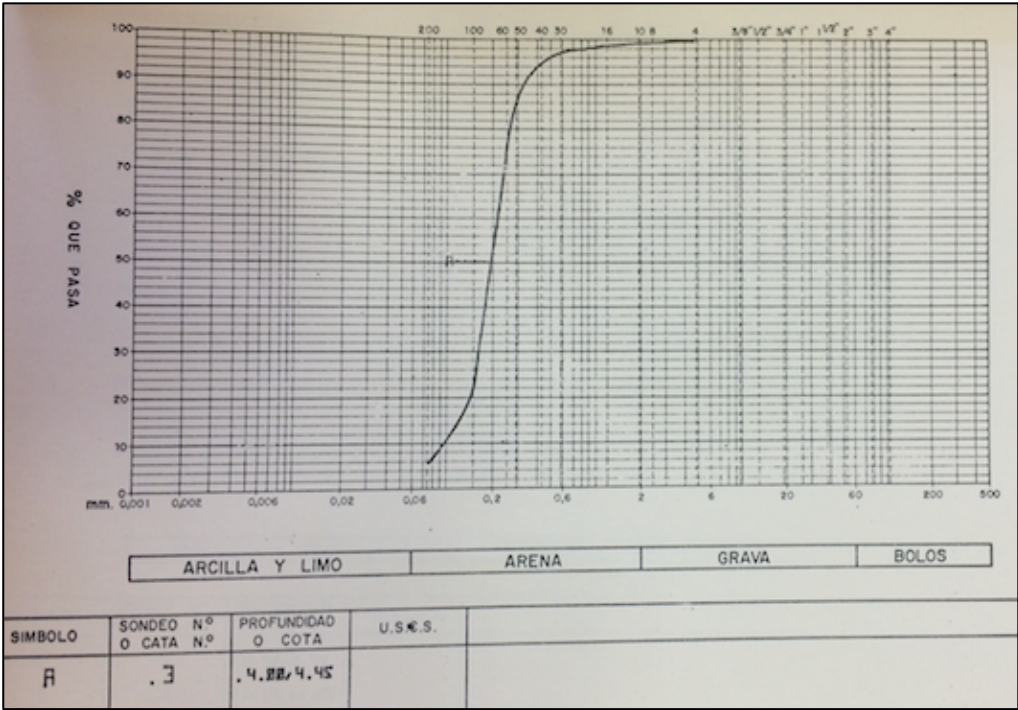


Fig. 6.19 Gràfic G995/08

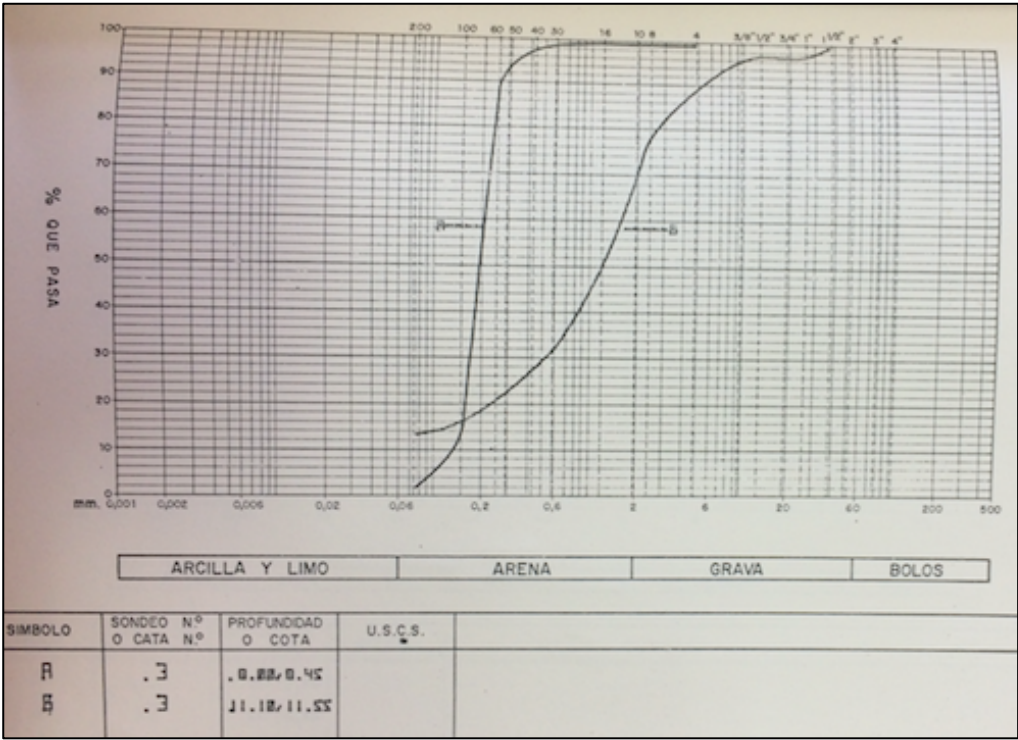


Fig. 6.20 Gràfic G995/09

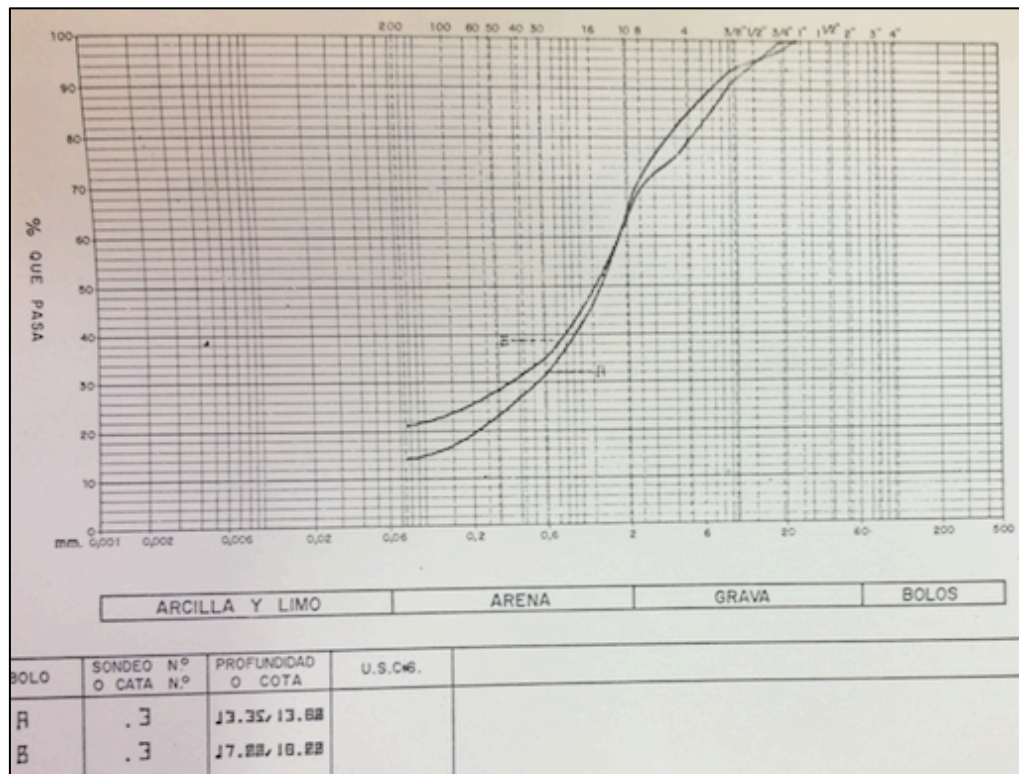


Fig. 6.21 Gràfic G995/10

En el quadre general d'assajos de laboratori G995/05 (Fig. 6.22), s'indiquen els símbols U.S.C.S. de les mostres analitzades. Per la separació de les diferents mides es va seguir la norma DIN (4022). Com pot observar-se en general els terrenys està substancialment format per una massa sorrenca amb percentatge fins i grava que oscil·la entre el 10-25%, un conglomerat calís, indicat en els respectius perfils geotècnics.

geos		Arquitecto Gaudí, 2 Teléfono 250 32 09				MADRID 16		Plano nº G 995 /05			
CLIENTE:		JUNTA DEL PUERTO DE TARRAGONA						Verificado		<input checked="" type="checkbox"/>	
								Impreso		PRINTER	
CUADRO GENERAL DE ENSAYOS DE LABORATORIO											
SONDEO Nº	P-2	P-2	P-2	P-2		P-3	P-3	P-3	P-3	P-3	P-3
MUESTRA Nº											
PROFUNDIDAD m	3,40	5,90	11,60	13,80		4,00	8,00	11,00	13,35	17,00	19,00
	3,85	6,35	12,05	15,00		4,45	8,45	11,55	13,80	18,00	20,10
U.S.C.S.	SP-SM	SC	SC	SC		SP	SP	SC	SC	SC	SC
W (%)											
σ'_v (t/m ²)											
σ'_{vd} (t/m ²)											
σ'_{va} (t/m ²)											
W _L (%)											
W _p (%)											
I _p (%)											
pasos T-200 (%)	7,9	14,-	17,6	39,9		5,4	2,2	13,5	13,9	20,7	20,5
retenido T-4 (%)	6,2	--	16,8	11,6		--	--	11,-	16,-	21,6	23,2

Fig. 6.22 Quadre general d'assajos G995/05

El conjunt des del punt de vista litològic és molt uniforme.

Es vol fer menció del sondeig n°1 realitzant uns 5 metres més alt que la resta de sondejos. Aquest presenta un recobriment d'uns 5 metres de potència format per materials abocats de sorres i graves.

Respecte al nivell freàtic donada la seva proximitat a la platja es presenta sensiblement en superfície.

6.3.2 Càlcul d'un mur del soterrani

Càlcul del mur de contenció de la planta del soterrani

Es comprova el càlcul del mur de contenció de la planta del soterrani:

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES (Kg/cm ²) Y COEFICIENTES DE CALCULO CORRESPONDIENTES A LA PARTE DE HORMIGON ARMADO				
1. HORMIGON				
	f_{ck}	200		
2. ACERO CORRUGADO				
	f_{yk}	4.600		
COEFICIENTES DE SEGURIDAD				
	NIVEL DE CONTROL	γ_s	γ_c	γ_t
ACERO	Sistemático	1.1		
HORMIGON	Mediante probetas		1.5	
EJECUCION	Intenso			1.5

Fig. 6.23 Característiques emprades

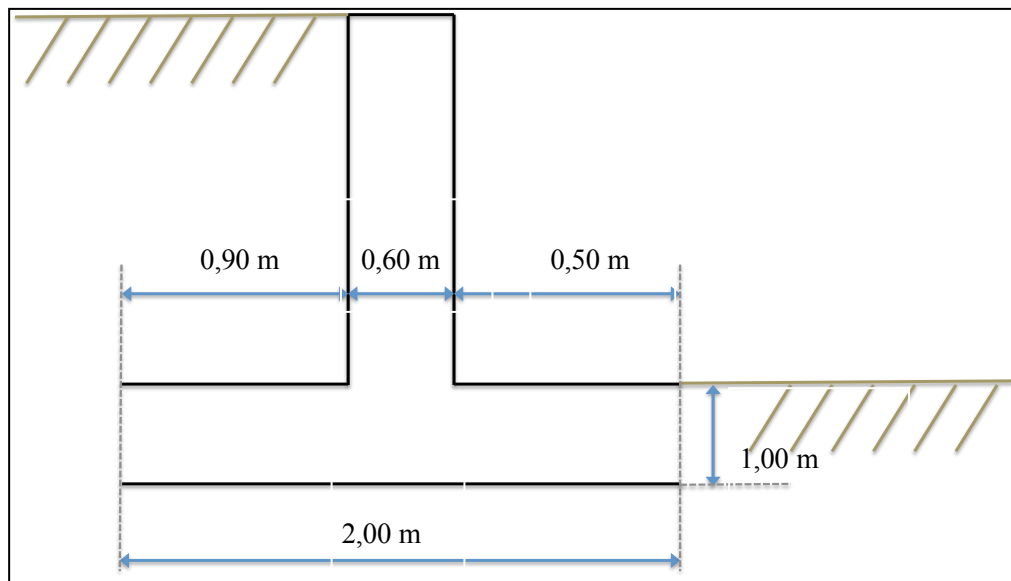


Fig. 6.24 Esquema sabata

El càlcul es realitza per la secció més desfavorable, a la qual es transmeten els esforços de les jàssenes que constitueixen l'entramat de la planta baixa, i els esforços dels forjats del pis al mòdul sortit de la planta baixa.

Els esforços són, per cada metre lineal de mur (1m):

Esforços de les jàssenes:

$$F_{j\grave{a}sse\grave{n}es} = 2 \times 1,5 \times 1000 + \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times 1,5 \times 3 \times 1000 =$$

$$= 3000 + 1125 = 4125 \text{ kg/m} = \mathbf{4,125 \text{ T/m l}} \quad (\text{Eq. 6.1})$$

Esforços forjats del mòdul:

$$F_{forjats} = \frac{1}{2} \times 1 \times 2,5 \times 1000 = 1250 \text{ kg/m} = \mathbf{1,25 \text{ T/m l}} \quad (\text{Eq. 6.2})$$

Resultat total de forces verticals per metre lineal:

$$F_V = 4,125 + 1,25 = \mathbf{5,375 \text{ T/m l}} \quad (\text{Eq. 6.3})$$

La força horitzontal referida a l'empenta de terres serà:



Fig. 6.25 Esquema sabata i fórmula empenta

L'empenta del mur des de la sabata:

$$E = \frac{1}{2} \times K_A \times \gamma \times H^2 = \frac{1}{2} \times 0,4 \times 1,9 \times (3,28)^2 = \mathbf{4,09 \text{ T/m l}} \quad (Eq. 6.4)$$

La secció de contacte de la sabata amb el terreny:

$$E = \frac{1}{2} \times K_A \times \gamma \times H^2 = \frac{1}{2} \times 0,4 \times 1,9 \times (4,28)^2 = \mathbf{6,96 \text{ T/m l}} \quad (Eq. 6.5)$$

Pes propi:

$$P_{propi} = 0,6 \times 3,28 \times 2,5 + 2 \times 1,00 \times 2,5 = 4,92 + 5,00 = \mathbf{9,92 \text{ T/m} \cdot \text{l}} \quad (Eq. 6.6)$$

Pes de les terres sobre la sabata:

$$P_{terres} = 0,9 \times 3,28 \times 1,9 = \mathbf{5,61 \text{ T/m l}} \quad (Eq. 6.7)$$

Amb aquestes dades es calcula l'estabilitat a la bolcada i al lliscament:

- Estabilitat a la bolcada:

Moments bolcadors:

$$M_{bolcadors} = 6,96 \times \frac{4,28}{3} = \mathbf{9,92 \text{ m} \cdot \text{T/m} \cdot \text{l}} \quad (Eq. 6.8)$$

Moments estabilitzadors:

$$M_{estab.} = 4,92 \times 0,8 + 5 \times 1 + 5,61 \times 1,55 = \mathbf{17,64 \text{ m} \cdot \text{T/m l}} \quad (Eq. 6.9)$$

El coeficient de seguretat (es considera $\gamma_{bolcada \text{ mín.}} > 1,5$):

$$\gamma_{seg} = \frac{M_{estab.}}{M_{bolcadors}} \frac{17,64}{9,92} = \mathbf{1,78 \text{ OK}} \quad (Eq. 6.10)$$

- Estabilitat al lliscament:

Forces verticals:

$$F_V = 4,92 + 5 + 5,61 = \mathbf{15,53 \text{ T/m l}} \quad (Eq. 6.11)$$

Forces horitzontals:

$$F_H = 6,96 \cdot T/m \quad (Eq. 6.12)$$

El coeficient de seguretat ($\gamma_{lliscament \text{ mín.}} > 1,2$):

$$\gamma_{seg} = \frac{15,53 \times 0,6}{9,96,962} = \frac{9,318}{6,96} = 1,34 \text{ OK} \quad (Eq. 6.13)$$

Càlcul de les seccions de formigó:

Secció del mur 1:

De la secció d'arrencament de la sabata s'obté majorant les càrregues:

$$N_d = E \times \gamma_s = 4,09 \times 1,5 = 6,14 \text{ T/m l} \quad (Eq. 6.14)$$

$$N_{d'} = F_v \times \gamma_s = 5,375 \times 1,5 = 8,06 \text{ T/m l} \quad (Eq. 6.15)$$

$$M_d = 4,09 \times \frac{3,28}{3} \times 1,5 = 4,47 \text{ m} \cdot \text{T/m l} \quad (Eq. 6.16)$$

$$U_c = 1 \times 0,57 \times \frac{150}{1,5} \times 10 = 570 \text{ T} \quad (Eq. 6.17)$$

$$e = \frac{d - d'}{2} + \frac{M_d}{N_d} = \frac{0,57 - 0,03}{2} + \frac{4,47}{6,14} = 0,27 + 0,73 = 1 \text{ m} \quad (Eq. 6.18)$$

S'utilitza com armadura la composició $\emptyset 10 \text{ a } 20 \text{ cm}$ d'on:

$$U_{S2} = 16,42 \text{ T} \text{ que és més gran que } \frac{N_d \times e}{d - d'} = \frac{6,14 \times 1}{0,57 - 0,03} = 11,37 \text{ T OK} \quad (Eq. 6.19)$$

$$U_{S1} = \frac{N_d \times [e - (d - d')]}{d - d'} = \frac{6,14 \times [1 - (0,57 - 0,03)]}{0,57 - 0,03} = 5,23 \text{ T} \quad (Eq. 6.20)$$

$$U_{S1} < 0,04 U_c$$

Per tant, el valor que agafarà $U_{S1} = 0,04 U_c = 22,8 \text{ T} \quad (Eq. 6.21)$

La secció equivalent és : $\frac{U_{S1}}{f_{yk}/\gamma_s} = \frac{22,8}{4,6/1,1} = 5,45 \text{ cm}^2$ (Eq. 6.22)

El que representa una armadura a tracció de **Ø20 a 20 cm**

Secció del mur 2:

La màxima tensió transmesa al terreny és:

$$\theta = \frac{15,33}{2} + \frac{11,99 \times 1}{\frac{1}{12} \times 1 \times 2^3} = 7,77 + 17,99 = 25,76 \text{ T/m}^2 \quad (\text{Eq. 6.23})$$

Calculada la tensió màxima a tota la sabata, a la secció corresponent al contacte amb el mur actua el següent moment:

$$M = 25,76 \times 1 \times 0,7 \times \frac{0,7}{2} = 6,31 \text{ m} \cdot \text{T/m l} \quad (\text{Eq. 6.24})$$

Pel dimensionament de la secció de formigó es té:

$$M_d = 6,31 \times 1,5 = 9,47 \text{ m} \cdot \text{T/m l} \quad (\text{Eq. 6.25})$$

$$N_d = 6,96 \times 1,5 = 10,44 \text{ T/m l} \quad (\text{Eq. 6.26})$$

$$U_c = 1 \times 0,97 \times \frac{150}{1,5} \times 10 = 970 \text{ T} \quad (\text{Eq. 6.27})$$

$$e = \frac{d - d'}{2} + \frac{M_d}{N_d} = 0,47 + \frac{9,47}{10,44} = 0,47 + 0,91 = 1,38 \text{ m} \quad (\text{Eq. 6.28})$$

S'utilitza com armadura la composició **Ø16 a 20cm** d'on:

$$U_{S2} = 42,04 \text{ T} \text{ que és més gran que } \frac{N_d \times e}{d - d'} = \frac{10,44 \times 1,38}{0,94} = 15,33 \text{ T OK} \quad (\text{Eq. 6.29})$$

$$U_{S1} = \frac{N_d \times [e - (d - d')]}{d - d'} = \frac{10,44 \times [1,38 - (0,97 - 0,03)]}{0,97 - 0,03} = 4,88 \text{ T} \quad (\text{Eq. 6.30})$$

$$U_{S1} < 0,04 U_c \text{ NOK}$$

Per tant, el valor que agafarà $U_{S1} = 0,04 U_c = 38,8 T$ (Eq. 6.31)

La secció equivalent és: $\frac{U_{S1}}{f_{yk}/\gamma_s} = \frac{38,8}{4,6/1,1} = 9,8 cm^2$ (Eq. 6.32)

El que representa una armadura a tracció de $\varnothing 20$ a $20 cm$

6.3.3 Comprovació dels càlculs de l'armadura dels pilars

Consideracions de càlcul

Per trobar els esforços als diferents elements de l'estructura, es va utilitzar el programa "STRESS" de IBM.

Es va calcular una planta tipus, i per tenir en compte la continuïtat dels pilars i al mateix temps no sobrepassar la capacitat de l'ordinador utilitzat (IBM-1130), l'estructura considerada va ser la formada per tres plantes de bigues amb els seus respectius pilars de sustentació, tallant l'edifici pel seu eix de simetria (veure Fig.6.26).

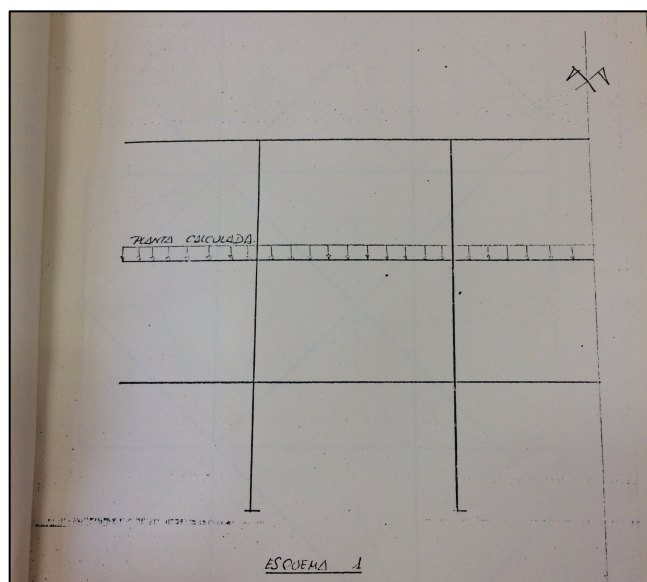


Fig. 6.26 Hipòtesi emprada

Les càrregues es van introduir en la planta intermèdia, amb les tres hipòtesis de càrrega i sobrecàrrega alternades, donant-li a cada biga la superfície de càrrega indicada (Fig.6.27).

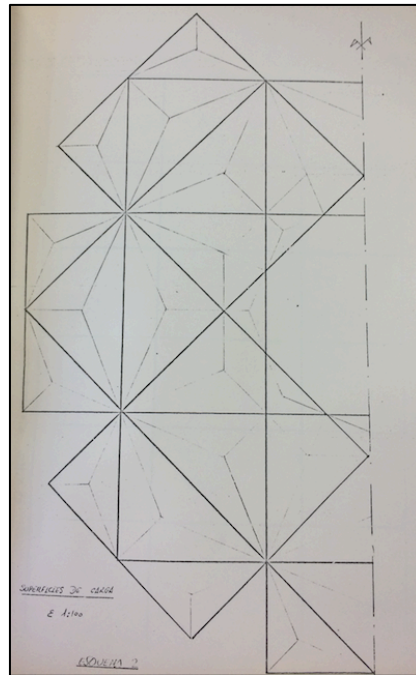


Fig. 6.27 Esquema planta model

Per la hipòtesi descàrrega horitzontal, deguda al vent, es va prescindir de la col·laboració dels nuclis apuntalats.

També per la capacitat de l'ordinador es va haver de realitzar el càlcul en dues parts, comptant l'estructura a mitjana alçada i introduint-hi les reaccions corresponents en els tres pisos intermedis.

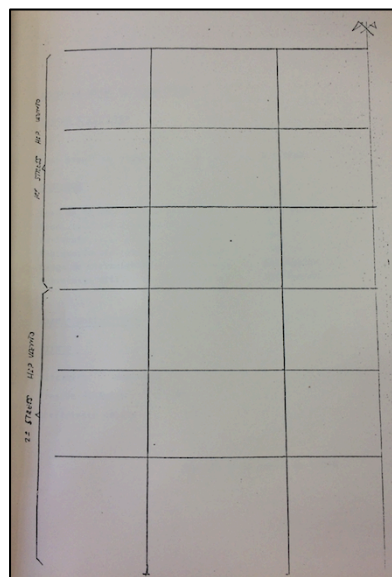


Fig. 6.28 Esquema pel càlcul dels pilars

Les bigues de secció variable es van suposar de secció constant amb el cantell mitjà. Tot i que al càlcul de les seccions si que es va tenir en compte la secció real.

Al càlcul dels pilars, pels esforços es va tenir en compte la seva secció real, però per les armadures es van suposar rectangulars amb secció equivalent.

El nucli dels ascensors central i exterior, es van calcular com estructures independents, amb les seves corresponents escales.

Accions sobre l'estructura:

Càrregues verticals

- Pes propi de les bigues: $2,5 \text{ T/m}^3$

Càrregues

- Llosa de 12cm: 300 kg/m^2
- Piso: 50 kg/m^2
- Paviment: 80 kg/m^2
- Tabiqueria: 50 kg/m^2
- Càrrega de tancaments: 500 kg/m
- Sobrecàrrega útil: 300 kg/m^2

Materials considerats:

Formigó:

- $f_{ck} = 200 \text{ kg/cm}^2$
- $\gamma_c = 1,5$

Acer:

- $f_{yk} = 4600 \text{ kg/cm}^2$
- $\gamma_s = 1,1$

Coeficient de majoració de les accions:

- $\gamma_f = 1,6$

Càrregues horitzontals

Càlcul d l'estructura al vent:

- Alçada de coronació de l'edifici: 30,77m
- Situació esposada: 100kg/m²
- Coeficient eòlic: 1,2
- Altura de la planta 3,8 m
- Càrrega als nusos

Comprovació dels pilars triats

Donada la complexitat de l'estructura, es parteix del resultat obtingut al projecte real dels càlculs sobre l'estructura tipus a la planta tres, tot considerant els moments i les reaccions als nusos de la planta tipus.

Les caractéristiques géométriques considérées par le calcul sont les suivantes:

Pilars exteriors:

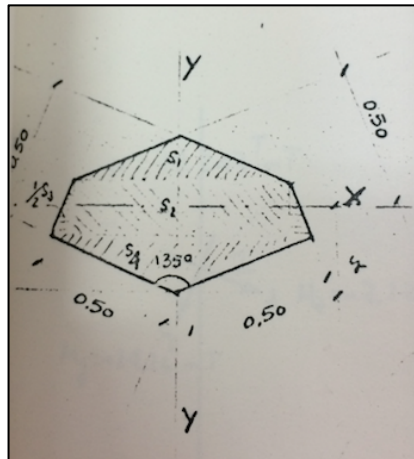


Fig. 6.29 Esquema secció pilars exteriors

Àrea	Distància a OO' del C.G.	Moment estàtic
$S_1 = \frac{0,76 \times 0,16}{2} = 0,0608$	0,4333	0,02634464
$S_2 = 0,76 \times 0,19 = 0,1444$	0,2850	0,04115400
$S_3 = 0,07 \times 0,19 = 0,0133$	0,2533	0,00336889
$S_4 = \frac{0,90 \times 0,19}{2} = 0,0855$	0,1266	0,01082430
$S_T = 0,3040 \text{ m}^2$		$\sum S_y = 0,0816918$

Taula 6.2 Característiques geomètriques pilars exteriors

$$y = \frac{\sum S_{xy}}{S_t} 0,3040 \text{ m}^2 \quad (Eq. 6.33)$$

Moments principals d'inèrcia:

Eix X-X	Eix Y-Y
$S_1 = \frac{0,0608 \times 0,16}{12} + 0,0608 \times 0,1646^2$	$S_1 = \frac{0,76 \times 0,0608}{12}$
$S_2 = \frac{0,1444 \times 0,19}{6} + 0,1444 \times 0,0163^2$	$S_2 = \frac{0,76^2 \times 0,1444}{12}$
$S_3 = \frac{0,0133 \times 0,19}{12} + 0,0133 \times 0,0154^2$	$S_3 = 2 \left[\frac{0,0066 \times 0,07}{12} + 0,0066 \times 0,4033^2 \right]$
$S_4 = \frac{0,0855 \times 0,19}{12} + 0,0855 \times 0,1421^2$	$S_4 = \frac{0,90 \times 0,0855}{12}$
$I_{xx} = 0,01037019 \text{ m}^4$	$I_{yy} = 0,02163242 \text{ m}^4$

Taula 6.3 Moments principals d'inèrcia

Pilars interiors:

Àrea:

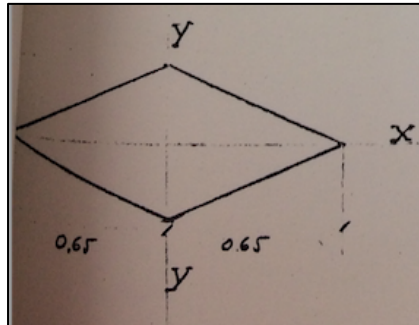


Fig. 6.30 Esquema secció pilars interiors

$$s = 4 \times \frac{1}{2} \times 0,65 \times 0,27 = 0,351 \text{ m}^2 \quad (\text{Eq. 6.34})$$

Moments principals d'inèrcia:

$$\bullet \quad I_{xx} = 2 \times \frac{0,351}{2} \times \frac{0,54}{12} = 0,015795 \text{ m}^4 \quad (\text{Eq. 6.35})$$

$$\bullet \quad I_{yy} = 2 \times \frac{0,351}{2} \times \frac{1,30}{12} = 0,038025 \text{ m}^4 \quad (\text{Eq. 6.36})$$

Com s'ha comentat els resultats obtinguts al nusos s'agafen del projecte original:

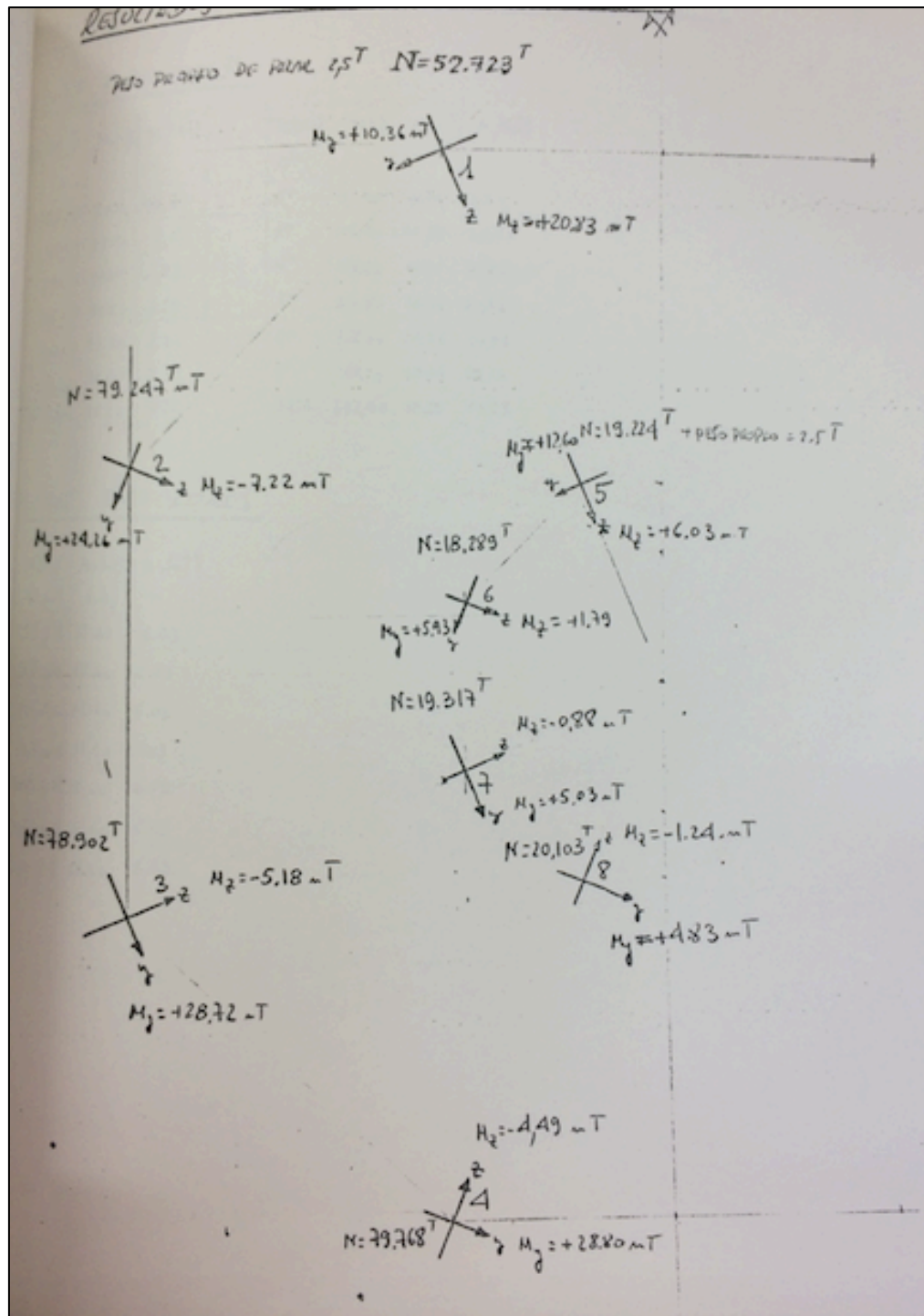


Fig. 6.31 Esquema i resultat dels esforços planta tipus (Memòria del projecte)

Dades coordinades pel càlcul dels pilars:

Pilars exteriors:

Planta	N[T]	Mx[mT]	My[mT]	Planta	N[T]	Mx[mT]	My[mT]
Ext.				Ext.			
6^a	81,72	44,71	14,71	6^a	53,20	18,73	27,11
5^a	162,44	28,80	7,22	5^a	106,40	10,36	20,83
4^a	255,16	28,80	7,22	4^a	159,60	10,36	20,83
3^a	325,88	28,80	7,22	3^a	212,80	10,36	20,83
2^a	407,60	28,80	7,22	2^a	266,00	10,36	20,83
1^a	489,32	28,80	7,22	1^a	312,20	10,36	20,83
Baixa	571,04	28,80	7,22	Baixa	372,40	10,36	20,83

Taula 6.4 Dades pel càlcul dels pilars exteriors

Pilars interiors:

Planta	N[T]	Mx[mT]	My[mT]
Ext.	12,64	1,61	-
6^a	35,24	12,60	6,03
5^a	57,89	12,60	6,03
4^a	80,44	12,60	6,03
3^a	103,04	12,60	6,03
2^a	125,64	12,60	6,03
1^a	148,24	12,60	6,03
Baixa	170,84	12,60	6,03

Taula 6.5 Dades pel càlcul dels pilars interiors

Càlcul de pilars exteriors:

Secció considerada per les tres plantes superiors

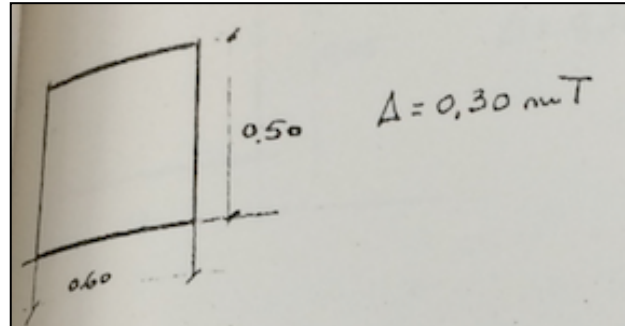


Fig. 6.32 Esquema secció pilars de les plantes superiors

Consideracions:

- Flexió desviada
- Armadura igual en les quatre cares (Abacos *P.Jiménez Montoya*)

Materials:

- $f_{cd} = \frac{2000}{1,5} \times 0,9 = 1200 \text{ T/m}^2$
- $f_{yc,d} = 4000 \text{ kg/cm}^2$

Coefficient de majorització de les càrregues:

- $\gamma_s = 1,6$
- $\frac{h'}{h_t} = 0,9$

Planta	N[T]	Mx[mT]	My[mT]	e _x [m]	e _y [m]	σ _r	k
6 ^a	81,72	44,71	14,71	0,547	0,180	0,36	0,85
5 ^a	162,44	28,80	7,22	0,178	0,044	0,715	0,60
4 ^a	244,16	28,80	7,22	0,118	0,030	1,07	0,50

Taula 6.6 Dades pel càlcul dels pilars exteriors. Plantes superiors

Planta	\bar{e}_x [m]	h_t [m]	b [m]	μ_v	w	A [cm ²]
6 ^a	0,674	0,5	0,6	0,489	1,22	27,45
5 ^a	0,200	0,5	0,6	0,288	0,775	17,43
4 ^a	0,130	0,5	0,6	0,285	0,285	23,62

Taula 6.7 Dades pel càlcul dels pilars exteriors. Plantes superiors

Secció considerada per les tres plantes inferiors

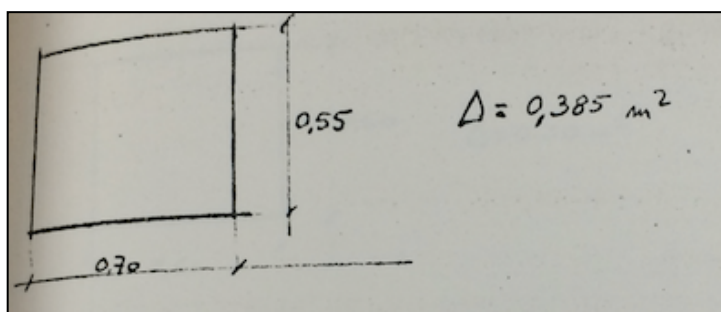


Fig. 6.33 Esquema secció pilars de les plantes inferiors

Planta	N [T]	M_x [mT]	M_y [mT]	e_x [m]	e_y [m]	σ_r	k
3 ^a	325,88	28,80	7,22	0,088	0,022	1,128	0,5
2 ^a	407,60	28,80	7,22	0,071	0,018	1,411	0,5
1 ^a	489,60	28,80	7,22	0,059	0,015	1,695	0,5
Baixa	571,09	28,80	7,22	0,050	0,013	1,977	0,5

Taula 6.8 Dades pel càlcul dels pilars exteriors. Plantes inferiors

Planta	\bar{e}_x [m]	h_i [m]	b [m]	μ_v	w	A [cm ²]
3 ^a	0,0345	0,55	0,70	0,071	0,50	14,43
2 ^a	0,0280	0,55	0,70	0,072	0,80	23,10
1 ^a	0,0231	0,55	0,70	0,071	1,07	30,89
Baixa	0,0196	0,55	0,70	0,070	1,85	53,40

Taula 6.9 Dades pel càlcul dels pilars exteriors. Plantas inferiors

Càlcul dels pilar interiors

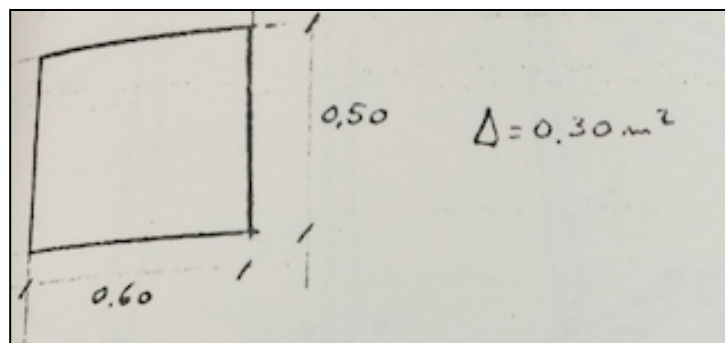


Fig. 6.34 Esquema secció pilars interiors

Planta	N[T]	M _x [mT]	M _y [mT]	e _x [m]	e _y [m]	σ _r	k
Ext.	12,64	1,61	-	0,127	-	0,056	0,60
6 ^a	35,24	12,60	6,03	0,357	0,171	0,156	0,65
5 ^a	57,84	12,60	6,03	0,218	0,104	0,257	0,75
4 ^a	80,44	12,60	6,03	0,156	0,075	0,357	0,85
3 ^a	103,04	12,60	6,03	0,122	0,058	0,458	0,85
2 ^a	125,69	12,60	6,03	0,100	0,048	0,558	0,75
1 ^a	148,29	12,60	6,03	0,085	0,041	0,658	0,65
Baixa	170,89	12,60	6,03	0,074	0,035	1,759	0,55

Taula 6.10 Dades pel càlcul dels pilars interiors.

Planta	\bar{e}_x [m]	h _d [m]	b[m]	μ _v	w	A[cm ²]
Ext.	0,127	0,5	0,60	0,001	0,10	2,25
6 ^a	0,193	0,5	0,60	0,061	0,10	2,25
5 ^a	0,136	0,5	0,60	0,071	0,10	2,25
4 ^a	0,110	0,5	0,60	0,079	0,10	2,25
3 ^a	0,086	0,5	0,60	0,079	0,10	2,25
2 ^a	0,062	0,5	0,60	0,070	0,10	2,25
1 ^a	0,046	0,5	0,60	0,061	0,10	2,25
Baixa	0,034	0,5	0,60	0,052	0,10	2,25

Taula 6.11 Dades pel càlcul dels pilars interiors.

Resultats pilars exteriors:

Planta	Armadura Longitudinal	Armadura Transversal	Detall
Ext.	18 ϕ 14 cm	6 ϕ 20 cm	(2)
6 ^a	18 ϕ 32 cm	8 ϕ 25 cm	(2)
5 ^a	18 ϕ 25 cm	8 ϕ 25 cm	(2)
4 ^a	18 ϕ 32 cm	8 ϕ 25 cm	(2)
3 ^a	18 ϕ 32 cm	8 ϕ 25 cm	(1)
2 ^a	18 ϕ 32 cm	8 ϕ 25 cm	(1)
1 ^a	18 ϕ 32 cm	8 ϕ 25 cm	(1)
Baixa	18 ϕ 40 cm	10 ϕ 25 cm	(1)

Taula 6.12 Resultats armadures. Pilars exteriors

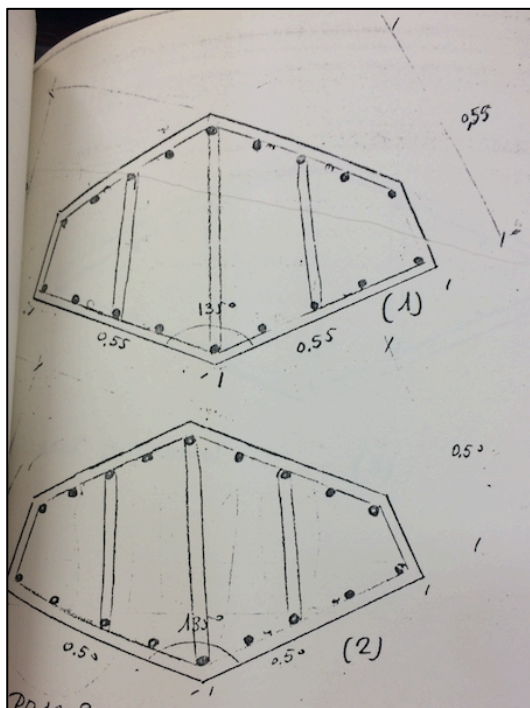


Fig. 6.35 Esquema secció detall 1 i 2

Resultats pilars interiors:

Planta	Armadura Longitudinal	Armadura Transversal	Detall
Ext.	12 ϕ 12 cm	6 ϕ 25 cm	(3)
6 ^a	12 ϕ 12 cm	6 ϕ 25 cm	(3)
5 ^a	12 ϕ 12 cm	6 ϕ 25 cm	(3)
4 ^a	12 ϕ 12 cm	6 ϕ 25 cm	(3)
3 ^a	12 ϕ 12 cm	6 ϕ 25 cm	(3)
2 ^a	12 ϕ 12 cm	6 ϕ 25 cm	(3)
1 ^a	12 ϕ 12 cm	6 ϕ 25 cm	(3)
Baixa	12 ϕ 12 cm	6 ϕ 25 cm	(3)

Taula 6.13 Resultats armadures. Pilars interiors

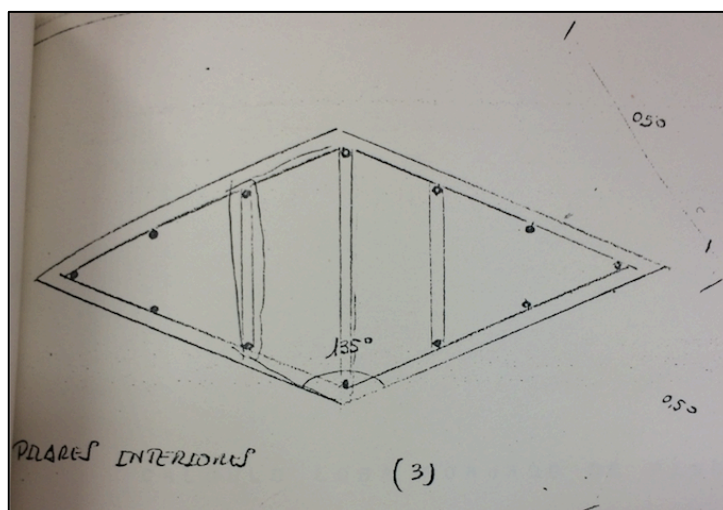


Fig. 6.36 Esquema secció detall 3

Pel que fa les armadures dels pilars exteriors, tal i com es pot comprovar els resultats dels plànols oficials, són els mateixos que els calculats manualment.

PILARES EXTERIORES			
PLANTAS		ARMADURAS LONGITUDINALES	ARMADURAS TRANSVERSALES
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div>2.60</div> <div>3.80</div> <div>3.80</div> <div>3.80</div> <div>3.80</div> <div>3.80</div> <div>3.80</div> <div>4.30</div> <div>3.80</div> </div>	TORREON	18 Ø 14	Ø 6 cada 20 cm.
	CUBIERTA	18 Ø 32	Ø 8 cada 25 cm.
	QUINTA	18 Ø 25	Ø 8 cada 25 cm.
	CUARTA	18 Ø 32	Ø 8 cada 25 cm.
	TERCERA	18 Ø 32	Ø 8 cada 25 cm.
	SEGUNDA	18 Ø 32	Ø 8 cada 25 cm.
	PRIMERA	18 Ø 32	Ø 8 cada 25 cm.
	BAJA	18 Ø 32	Ø 8 cada 25 cm.
	SOTANO	18 Ø 40	Ø 10 cada 25 cm.

Fig. 6.37 Resultat dels armats dels pilars exteriors

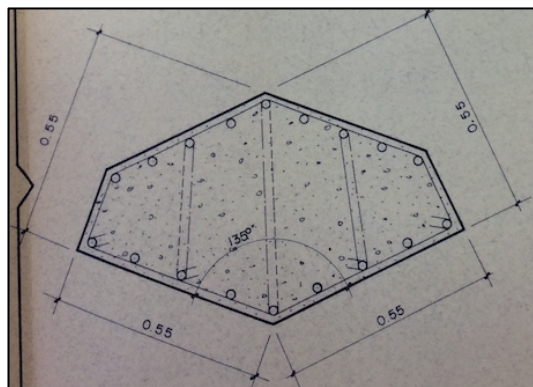


Fig. 6.38 Resultat detall 1

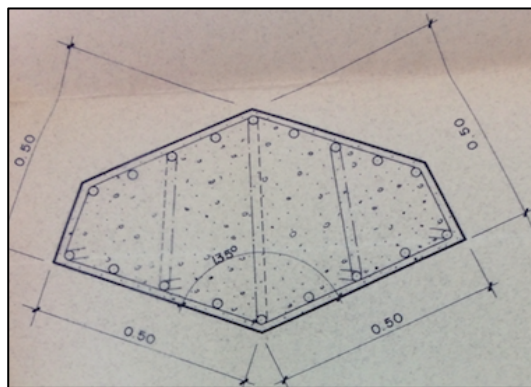


Fig. 6.39 Resultat detall 2

Resultats pilars interiors:

Les armadures dels pilars interiors també coincideixen amb els plànols oficials, per tant els càlculs s'han dut a terme correctament.

PILARES INTERIORES			
PLANTAS	ARMADURAS LONGITUDINALS	ARMADURAS TRANSVERSALES	
TORREON	12 Ø 12	Ø 6 cada 25 cm.	4.00
CUBIERTA	12 Ø 12	Ø 6 cada 25 cm.	3.80
QUINTA	12 Ø 12	Ø 6 cada 25 cm.	3.80
CUARTA	12 Ø 12	Ø 6 cada 25 cm.	3.80
TERCERA	12 Ø 12	Ø 6 cada 25 cm.	3.80
SEGUNDA	12 Ø 12	Ø 6 cada 25 cm.	3.80
PRIMERA	12 Ø 12	Ø 6 cada 25 cm.	3.80
BAJA	12 Ø 12	Ø 6 cada 25 cm.	4.30
SOTANO	12 Ø 12	Ø 6 cada 25 cm.	3.80

Fig. 6.40 Resultat dels armats dels pilars interiors

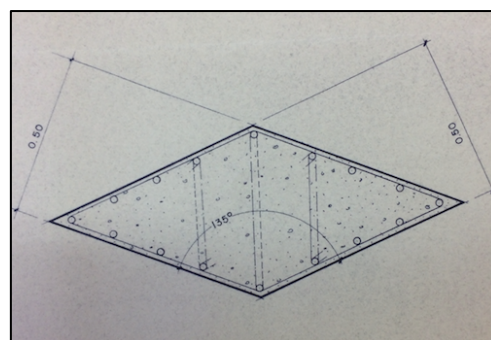


Fig. 6.41 Resultat detall 3

7. Impacte ambiental

La preocupació sobre la contaminació a finals de la dècada dels anys 70 començava a guanyar força entre la societat. Com s'ha comentat anteriorment, el creixement de la indústria a la Tarragona feia que la consciència ecològica augmentés en la ciutadania a mesura que el creixement de les ciutats es feia visible.

Des del punt de vista jurídic, l'àmbit mediambiental va experimentar un gran canvi en la segona meitat del segle XX, sobretot en la dècada dels anys 70 a partir de la celebració de la Conferència de Nacions Unides sobre Medi Ambient Humà celebrada a Estocolm l'any 1972. Aquesta conferència, va significar per les Comunitats un punt d'inflexió en la tasca d'elaboració i aprovació de normes de protecció ambiental que van determinar de forma notable canvis jurídics en els Estats en matèria ambiental.

Espanya no es va sumar a aquest nou escenari internacional i europeu (no va ser Estat membre de les Comunitats Europees fins a l'any 1986) fins a l'any 1978 gràcies a l'article 45 de la Constitució Espanyola, en el que s'incorpora per primer cop en el Dret Constitucional la noció de qualitat de vida i es constitucionalitza el deure de conservar l'entorn.

Art. 45 de la Constitució Espanyola de 1978: *“Todos tienen el derecho a disfrutar de un medio ambiente adecuado para el desarrollo de la persona, así como el deber de conservarlo”*.

Per aquest motiu, a continuació es presenta l'estudi ambiental que és d'obligada realització en l'execució del projecte.

7.1. Efectes sobre el paisatge i el medi geològic

És evident que existeix un canvi visual del paisatge en la construcció de l'edifici. Però en tractar-se d'un edifici que no respon a l'Ajuntament de Tarragona sinó a Ports de l'Estat, per tant a l'Estat, si aquest considera que l'edifici està emplaçat correctament no hi ha cap tipus de problema al respecte.

Sobre el medi geològic, l'edifici es construeix sobre terrenys d'ús agrícola desqualificat d'aquest ús i, per tant, permet la seva urbanització.

7.2. Impacte acústic

La zona on es construeix l'edifici no té habitatges al voltant, de manera que no es considera cap afectació acústica que pugui pertorbar als usuaris de les zones residencials.

7.3. Afectació sobre cursos d'aigua i ecosistemes associats

No es consideren afectacions de cap tipus sobre cursos d'aigua i els seus ecosistemes associats, ja que al terreny on es construeix l'edifici no discorre cap curs d'aigua, ni actiu ni ocasional.

7.4. Afectació a la vegetació

A la zona on es construeix no hi ha cap tipus de cultiu, i tampoc hi ha arbres amb especial nivell de protecció per no tractar-se de cap espècie protegida.

7.5. Afectació a la fauna i a la permeabilitat biològica

La zona del Port ja està altament urbanitzada amb magatzems i grues, per tant no es considera que s'hi pugui trobar cap espècie de fauna que necessiti mesures especials.

7.6. Afectació sobre la permeabilitat de traça de les persones

La parcel·la ocupada per l'edifici està rodejada per carrers per tots els seus cantons, per tant, no suposa cap problema per a la mobilitat de les persones.

8. Pressupost

8.1. Pressupost del projecte d'enginyeria

Per definir el pressupost del projecte d'enginyeria, prèviament s'han de definir els conceptes que apareixen en aquest pressupost:

- **Recopilació d'informació:** es tracta de seleccionar quin tipus d'informació es requereix i posteriorment la cerca d'aquests. Finalment, es procedeix amb l'anàlisi de les fonts, que comprenen nombrosos arxius i que són a l'abast de l'investigador.
- **Anàlisi estructural i redacció:** juntament amb el cost de la investigació, aquest cost representa un gran percentatge respecte el total del cost del projecte. Comprèn l'estudi de l'origen i execució de les obres de l'edifici, també l'anàlisi de l'estructura.
- **Desplaçament i dietes:** l'emplaçament de les fonts, representa un cost afegit quan a l'accés de l'investigador a aquestes.
- **Impremta** (copia documents): és la reproducció de la documentació obtinguda de les fonts en el treball previ d'investigació.

Tipus de treball	Cost [€/h]	Temps [h]	Cost total [€]
Recopilació d'informació	30	300	9.000
Anàlisi estructural	30	50	1.500
Redacció	30	200	6.000
Desplaçament i dietes	-		400
Impremta	-		120
Total honoraris	-		17.020
IVA	21%		3.574,20
Total honoraris IVA inclòs			20.594,20

Taula 8.1 Pressupost d'enginyeria

Per tant, el total del projecte realitzat per un enginyer seria d'uns vint mil cinc-cents noranta-quatre amb vint cèntims.

8.2. Pressupost original de l'antiga APT

El pressupost original del Projecte d'Execució de l'Edifici de Serveis del Port, així designaven l'any 1975 al que posteriorment es va anomenar l'edifici de l'Autoritat Portuària de Tarragona (ATP), va ser facilitat pel departament de l'arxiu del Port de Tarragona.

PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL	
	Pesetas
CAPITULO I - Movimiento de tierras	398.958'90
CAPITULO II - Red de Saneamiento	182.829'40
CAPITULO III - Estructuras	14.983.575'24
CAPITULO IV - Albañilería	8.932.836'38
CAPITULO V - Carpinterías	6.210.331'46
CAPITULO VI - Instalaciones	5.380.173'00
CAPITULO VII - Vidriería y Pintura	3.485.138'64
TOTAL EJECUCION MATERIAL	39.573.843'02
REDONDEADO A PESETAS	39.573.843'00
<p>ASCIENDE ESTE PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL A LA EXPRESADA CANTIDAD DE TREINTA Y NUEVE MILLONES QUINIENTAS SETENTA Y TRES MIL OCHOCIENTAS CUARENTA Y TRES PESETAS.</p> <p>Tarragona, 19 de Diciembre de 1.975 EL DIRECTOR DEL PUERTO, <i>[Firma]</i></p>	

Fig. 8. 1 Pressupost original (1) 1975

Com es pot observar hi apareix el la descomposició de tot l'escandall pel capítols que van integrar l'obra.

Aplicant els costos indirectes establerts el valor final s'incrementava tal i com es pot veure en la imatge Fig. 8.2:

PRESUPUESTO DE CONTRATA	
	Pesetas
PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL	39,573,843'00
GASTOS GENERALES DE LA EMPRESA, GASTOS FINAN- CIEROS, FISCALES, TASAS DE LA ADMINISTRACION Y DEMAS DERIVADOS DE LAS OBLIGACIONES DEL CON- TRATO: 20 %	7,914,768'60
BENEFICIO INDUSTRIAL: 6 %	2,374,430'58
TOTAL EJECUCION POR CONTRATA	49,863,042'18
REDONDEADO A PESETAS	49,863,042'00
<p>ASCIENDE ESTE PRESUPUESTO DE CONTRATA A LA EXPRESADA CANTIDAD DE CUAREN- TA Y NUEVE MILLONES OCHOCIENTAS SESENTA Y TRES MIL CUARENTA Y DOS PESETAS.</p> <p>Tarragona, 19 de Diciembre de 1.975 EL DIRECTOR DEL PUERTO, <i>[Firma]</i></p>	

Fig. 8.2 Pressupost original 1975

Com es pot veure a la Figura 8.1 el pressupost que es va aprovar l'any 1975 sobre el Projecte d'Execució va ser de **49.863.042 pessetes**.

Com s'ha comentat en capítol corresponent a la construcció de l'edifici, aquest no es va poder començar a construir fins l'any 1978.

Per tal de poder comprovar que el pressupost es va complir, es revisen les Memòries Anuals del Port de Tarragona des de l'any 1975 fins l'any 1982 per tal de comprovar el cost real de l'obra i també el cost de les diferents instal·lacions i mobiliari.

En la Figura 8.3 s'han agrupat els diferents ítems i es comprova l'augment dels costos entre anys en algunes parts i com s'han anat pagant al llarg del temps.

Fon- dos	Nombre de la obra	Presupuesto aprobado líquido	Certificado a origen	Certificado en el año	Situación en 31 Diciembre
	Edificio para Servicios del Puerto	49.863.000,00	17.996.534,00	17.996.534,00	"
	Edificio para servicios del puerto	49.863.000,00	37.864.821,00	19.868.287,00	"
	Reformado del de edificio para servicios del puerto	71.149.793	71.149.203	33.284.382	"
	Reformado del de edificio pa- ra servicios del puerto	77.954.830	77.954.830	6.805.037	"
	Reformado del Edificio para servicios del Puerto	85.990.032	85.990.032	8.035.792	"
	Reformado del de edificio para servicios del Puerto	85.990.032	85.990.032	—	"
	Climatización del edificio para servicios del puerto	25.036.330	22.532.697	22.532.697	"
	Climatización del edificio para servi- cios del Puerto	27.506.842	27.506.842	4.974.145	Recibida definiti- vamente
	Climatización del edificio para servicios del Puerto	27.506.842	27.506.842	—	"
	Modificado de precios del de decoración del edificio para servicios del puerto	14.700.697	12.031.592	12.031.592	"
	Modificado de precios del de Deco- ración del edificio para servicios del Puerto	16.154.149	16.154.149	4.122.557	"
	Modif. de precios del de decoración del edificio para servicios del Puerto . . .	16.154.149	16.154.149	—	"
	Adquisición del mobiliario del edificio para servicios del puerto	15.100.000	13.590.000	13.590.000	Pendiente recep- ción provisional.
	Adquisición del mobiliario del edificio para servicios del Puerto	15.100.000	13.590.000	—	"
	Adquisición del mobiliario del edificio para servicios del Puerto	15.698.223	15.698.223	2.108.223	"
	Instalación sistema de seguridad en edi- ficio servicios del Puerto	2.982.067	2.982.067	2.982.067	"
	Protección contraincendios edificio servicios del Puerto	1.982.105	1.982.105	1.982.105	"

Fig. 8.3 Apartat Obras. Font: Memòria Anual del Port (1977-1982)

Es pot observar que el valor inicial pressupostat pel Projecte d'Execució, *Edificio para Servicios del Puerto*, és de 49.863.000 pessetes que coincideix amb el pressupostat l'any 1975 a excepció de 42 pessetes de diferencia.

A continuació es mostren les dades digitalitzades i completades amb informació addicional per facilitar la seva lectura i comprensió:

Memòria del Port	Nom de l'obra	Pressupost aprovat líquid	Certificat a origen	Certificat en l'any	Situació a 31 de desembre
1977	Edifici per Serveis del Port	49.863.000	17.996.534	17.996.534	En execució
1978		49.863.000	37.864.821	19.868.287	En execució
1979		71.149.793	71.149.203	33.284.382	En execució
1980	Reformat de l'Edifici per Serveis del Port	77.954.830	77.954.240	6.805.037	En execució
1981		85.990.032	85.990.032	8.035.792	Rebuda definitivament
1982		85.990.032	85.990.032	-	Acabada
1980	Climatització	25.036.330	22.532.697	22.532.697	Rebuda provisionalment
1981		27.506.842	27.506.842	4.974.145	Rebuda definitivament
1982		27.506.842	27.506.842	-	Rebuda definitivament
1980	Modificació de preus de decoració	14.700.697	12.031.592	12.031.592	En execució
1981		16.154.149	16.154.149	4.122.557	Rebuda provisionalment
1982		16.154.149	16.154.149	-	Rebuda provisionalment
1980	Adquisició del mobiliari	15.100.000	13.590.000	13.590.000	Pendent recepció provisional
1981		15.100.000	13.590.000	-	Rebuda provisionalment
1982		15.698.223	15.698.223	2.108.223	Rebuda definitivament
1982	Instal·lació sistema de seguretat	2.982.067	2.982.067	2.982.067	Acabada
1982	Protecció contra incendis	1.982.105	1.982.105	1.982.105	Acabada

Taula 8.2 Pagaments anuals sobre l'edifici (1977-1982)

En resum, els costos del Projecte d'Execució van augmentar dels **49.863.042 pessetes** pressupostats al 1975 fins als **85.990.032 pessetes** acabats de pagar l'any 1982.

Per tant, el cost total del projecte es pot calcular com la suma dels preus finals pagats per cada ítem:

Nom de l'obra	Cost final [pessetes]
Edifici i Reformat de l'Edifici per Serveis del Port	85.990.032
Climatització	27.506.842
Decoració	16.154.149
Mobiliari	15.698.223
Sistema de seguretat	2.982.067
Protecció contraincendis	1.982.105
TOTAL	150.313.418

Taula 8.3 Costos total edifici

Per tant, el cost final de la obra, l'any 1982, té un valor de cent cinquanta milions tres-cents tretze mil quatre-cents divuit de pessetes.

A mode de comprovació s'aplica la variació del índex de preus de consum per comprovar el cost actual que suposaria construir l'antic edifici de l'APT d'acord amb el pressupost original. Segons dades del Institut Nacional d'Estadística la variació del IPC de l'any 1982 al 2016 és de 278,4%.

Per tant, el cost aproximat de l'edifici, avui dia, seria de:

$$150.313.418 \text{ ptes} \cdot (1 + 278,4\%) \cdot \left(\frac{1\text{€}}{166,386 \text{ ptes}} \right) = \mathbf{3.418.472,55\text{€}}$$

Conclusions

Un dels trets principals que es poden extreure es la implicació que té la construcció tant la seva vessant arquitectònica com l'enginyeria en la societat. És evident que el tipus de construcció d'un edifici pot originar gran polèmica entre les persones de la zona i això demostra la rellevància que té l'enginyeria en l'esdevenir de la societat. Fet que a vegades s'oblida si ens fixem en algunes les construccions de caràcter públic més recent.

La informació sobre l'edifici de l'Antiga Seu Portuària de Tarragona és pràcticament nul·la, es per això que les deduccions al llarg de la recerca d'informació han estat continues però finalment s'ha pogut demostrar i entendre la rellevància de l'edifici en una ciutat amb falta d'edificis significatius com és Tarragona.

Finalment s'ha pogut realitzar algun càlcul significatiu de l'estructura tenint en compte les hipòtesis emprades en el projecte i també s'ha pogut evidenciar l'expressió en el significat arquitectònic de l'edifici per poder entendre la gran expectació que genera i per encoratjar a la societat de que un edifici no només son maons i bigues sinó que els edificis tenen ADN i el seu context i la seva història son essencials per entendre l'arquitectura com a part de la societat.

Agraïments

En primer lloc, m'agradaria poder donar las gràcies al tutor d'aquest projecte, Josep Maria Pons Poblet, per la possibilitat oferta de tutoritzar el treball i per les pautes donades que m'han guiat en la elaboració del projecte.

L'ajuda aportada per l'Arxiu Històric del Port de Tarragona també ha de ser esmentada, ja que sense la seva documentació, la base d'aquest projecte, no hagués sigut possible la realització del mateix.

Finalment, voldria agrair el suport de la família i amics, que en tot moment m'han animat a seguir endavant i m'han ajudat en tot el que podien durant el desenvolupament del projecte.

Bibliografia

Referències bibliogràfiques

- [1] DECRETO DE 19/10/1973. BOE 7/12/1973 "Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado" modifica y actualiza el Decret de 1968.
- [2] VALCARCE LABRADOR, M^a TERESA. El Nuevo Brutalismo: una aproximación y una bibliografía. Cuaderno de Notas 7. Nuevo Brutalismo, 2014 p. 131-147. [<https://hdiunlp.files.wordpress.com/2014/09/arquitectura-neobrutalista.pdf>, 15 de juny de 2016].
- [3] GARRETA PUIG, SAÛL. *L'informe en defensa de l'edifici del port*. Tarragona, 2010.
- [4] FERRER, M^a ANTÒNIA. *Història de Tarragona, Una ciutat mediterrània*. Tarragona: Arola Editors, 2006, p.134-152.
- [5] JORDÀ FERNÁNDEZ, ANTONI. *Història de la ciutat de Tarragona*. Valls: Cossetània Edicions, 2006, p. 174-203.
- [6] AJUNTAMENT DE TARRAGONA, CONSELLERÍA D'INFORMACIÓ. *Bulletí d'Informació Municipal*. Tarragona 1979-1980 n°1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 i 8. [https://www.tarragona.cat/lajuntament/comunicacio-i-participacio/publicacions/tarragona-municipal?b_start:int=280, 3 de maig de 2016].
- [7] PORT DE TARRAGONA. *Memòria Anual del Port*. Anys: 1977, 1978, 1979, 1980, 1981 i 1982. [<http://www.porttarragona.cat/ca/arxiu-digital-sp-726026498/category/memories-histori.html>, 4 de juny de 2016].

- [8] URIBE, BEGOÑA. *En perspectiva: James Stirling*. Plataforma arquitectura, 2016. [<http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/765723/en-perspectiva-james-stirling>, 22 de maig de 2016].
- [9] GOOGLE EARTH. Coordenades: 41° 06'28. 3" N 1° 15'00.3" E. Dia 20/08/2016. Capes activades: edificis 3D i relleu.
- [10] GARCÍA DELGADO, J.L. *La economía española durante el franquismo*. Noviembre 1995. [<http://vespito.net/historia/franco/ecofran.html>, 5 de juny de 2016].
- [11] NAVARRO HUNDIEL, S. *Análisis estructural I-Método de Cross*. UNI NORTE, juny 2010.
- [12] UNCT AD. *Development and improvement of ports. The principles of modern port management and organization*, UNCT AD Secretariat. Ginebra, 1992.
- [13] PUERTOS DEL ESTADO. *Normativa y Legislación Portuaria*. Dia 24 de juny de 2016.
- [14] GRAN ENCICLOPÈDIA CATALANA . *La Caputxinada*. Barcelona. [<http://www.enciclopedia.cat/EC-GEC-0014722.xml>, 12 de juny de 2016].
- [15] VERDE ZEIN, RUTH. *Brutalismo, sobre su definición*. Arquitectos 7/5/2007. [<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitectos/07.084/243/es>, 20 de juny de 2016]
- [16] FRAMPTON, KENNETH. *Historia crítica de la arquitectura moderna*. Editorial: GG, 2009.

- [17] ARXIU HISTÒRIC DE LA UB. *De les aules de la UB al Parlament recuperat 1980*. UB, Barcelona 2015.
[<http://www.ub.edu/arxiu/img/galeria/parlament/ERC.html>, 20 d'agost de 2016].
- [18] GLANCEY, JONATHAN. *Brutalismo: edificios impopulares que vuelven a ponerse de moda*. BBC Culture, 9/10/14.

Bibliografia complementària

- [1] SAINZ, JORGE. *El arquitecto James Stirling critica el inmovilismo de sus Colegas en el Reino Unido*. El País, 6 de julio 1991.
[http://elpais.com/diario/1991/07/06/cultura/678751207_850215.html, 20 de juliol de 2016].
- [2] UPC. *Stirling: Racionalismo & Tecnología*. Artículo 3. UPCommons. Barcelona, p. 8-19.
[<http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/4974/Article03.pdf?sequence=6>, 10 d'agost de 2016].
- [3] MONTANER, JOSEP M^a. *Repensar Barcelona*. Edicions UPC, Barcelona 2003 p. 1-19.
- [4] JOSÉ MARÍA FORNONS. *Teoría de estructuras. Tomo 1*. Publicat per la CPDA a l'ETSEIB.